

UNIVERSITE DE LIEGE - FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE, ECOLOGIE ET EVOLUTION

UNITE DE BIOLOGIE DU COMPORTEMENT

LABORATOIRE DE DEMOGRAPHIE DES POISSONS ET D'HYDROECOLOGIE

RAPPORT 2011 A LA COMMISSION PROVINCIALE DE LIEGE DU FONDS PISCICOLE DE WALLONIE



**ESSAI D'ESTIMATION DES DOMMAGES PISCICOLES ENGENDRES PAR LES
PRISES D'EAU INDUSTRIELLES ET LES TURBINES HYDROELECTRIQUES DANS
LES COURS D'EAU DE LA PROVINCE DE LIEGE
PARTIE C. LE COURS PRINCIPAL DE L'AMBLEVE NON NAVIGABLE**

par

J-C. PHILIPPART, M. OVIDIO, G. RIMBAUD et P. PONCIN

**avec la collaboration de D. BREDART et C. HANZEN
(étudiants finalistes de Master 2010-2011)**



DECEMBRE 2011

TABLE DES MATIERES

PARTIE C

RESUME	3
RAPPEL. INTRODUCTION-INTERET ET JUSTIFICATION DE L'ETUDE	4
5. LES CENTRALES HYDRO-ELECTRIQUES SUR L'AMBLEVE NON NAVIGABLE	12
Introduction	
5.1. Les centrales hydro-électriques associées à la cascade de Coö : la CHE de Coö-Dérivation et le bassin inférieur de la CHE de Coö-Pompage	12
5.2. La CHE de Stavelot - Bressaix	39
5.3. La CHE du Moulin Piront à Ligneuville	54
5.4. La CHE de la Turbine Maraite à Ligneuville	63
CONCLUSIONS GENERALES POUR LA PARTIE C	73
REMERCIEMENTS (PARTIE C)	76
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES (PARTIE C)	77
LISTE DES ANNEXES (PARTIE C)	82

Citation recommandée du rapport :

Philipppart, J.C., M. Ovidio, G. Rimbaud, D. Brédart, C. Hanzen et P. Poncin, 2011. Essai d'estimation des dommages piscicoles engendrés par les prises d'eau industrielles et les turbines hydroélectriques dans les cours d'eau de la Province de Liège. Partie C. Le cours principal de l'Amblève non navigable. Rapport pour l'année 2011 à la Commission provinciale de Liège du Fonds piscicole du Service Public de Wallonie, 82 pages (décembre 2011).

RESUME

Ce rapport à la Commission provinciale de Liège du Fonds piscicole de Wallonie est un dossier bibliographique qui analyse l'impact sur les populations de poissons des centrales hydroélectriques (CHE) installées sur le cours principal de l'Amblève non navigable. Il s'agit d'un grand cours d'eau (module du débit : 20 m³/s dans le cours inférieur à Martinrive-Aywaille) constitué de zones à ombre et à truite qui abritent une importante biodiversité piscicole dont notamment des poissons migrateurs amphihalins comme l'anguille européenne, la truite de mer et le saumon atlantique en cours de réintroduction en Wallonie.

Les quatre CHE décrites et analysées dans ce dossier fonctionnent toutes au fil de l'eau mais dans des configurations et avec des débits d'équipement différents (voir tableau) :

Rivière	Localisation	Type	Turbine Puissance	Débit max. m ³ /s % module		Ouvrages de franchissement à prévoir
Amblève	Coo-Dérivation	dérivation depuis amont cascade	Kaplan 400 kW	6	40	échelle de montaison à Coo & passe de dévalaison
Amblève	Bressaix Stavelot	dérivation/barrage	Francis 110 kW	6	56	passe de dévalaison
Amblève	Moulin Piront Ligneuville	dérivation/seuil	Banki 57 kW	2	56	passe de dévalaison
Amblève	Turbine Maraite Ligneuville	dérivation/seuil	Francis (2) + Banki (1) 275 kW	4	111	passe de dévalaison

L'évaluation des impacts piscicoles des CHE se limite à une approche très préliminaire consistant à apprécier de manière théorique (par rapport à des modèles élaborés en France) les ordres de grandeur des entraînements vers les turbines et des mortalités des populations migratrices (surtout les anguilles argentées et les smolts de Salmonidés) attendues sur les différents sites, compte tenu des caractéristiques connues des prises d'eau (grilles), des turbines (Kaplan, Francis, Banki ; grandeur des roues, vitesse de rotation, débit turbiné), de la taille des poissons et des possibilités de dévalaison par une voie autre (déversoir de barrage, exutoire de dévalaison) que le passage dans les turbines.

Partant de ces premiers résultats, le rapport détaille les actions à entreprendre sur chaque site hydroélectrique pour le rendre moins pénalisant pour les poissons migrateurs en dévalaison et dans certain cas, en montaison comme à la cascade de Coo. Il propose aussi quelques recommandations générales applicables à l'évaluation objective de l'impact piscicole de tout site hydroélectrique et à l'atténuation de cet impact. Ainsi, en matière biologique et piscicole, il apparaît prioritaire de mettre en place des programmes d'études permettant : i) de caractériser qualitativement (taille des poissons et périodicité des mouvements) et surtout quantitativement (effectifs numériques et biomasse) les migrations de dévalaison des principales espèces cibles dans les cours d'eau concernés des zones à ombre et à truite et ii) d'estimer les mortalités réelles des poissons dans les différents types d'installation de production d'hydroélectricité.

Mots clés : Amblève, poissons migrateurs, comportement de dévalaison, hydroélectricité, mortalité dans les hydroturbines, anguille européenne, saumon atlantique

RAPPEL(R). INTRODUCTION - INTERET ET JUSTIFICATION DE L'ETUDE

Parmi les facteurs qui provoquent la mortalité des poissons en milieu naturel (pollutions, maladies, prédation, pêche), un cas particulier est celui des pertes causées par les prises d'eau industrielles pour les besoins : i) du refroidissement des installations de production d'électricité thermique classique ou nucléaire, ii) du turbinage pour la production d'hydroélectricité et iii) de diverses autres utilisations détaillées dans le tableau R1.

Tableau R1. Types de dérivations d'eau de surface ayant un impact direct sur la survie et l'état de santé des poissons (Philippart et al., 2003).

Prise d'eau pour le refroidissement des centrales électriques thermiques classiques et nucléaires et d'autres industries (sidérurgie, chimie, etc.)

Utilisation de l'eau pour la production d'hydroélectricité par turbines de haute chute (conduite forcée à partir d'un barrage) et de basse chute (microcentrale au fil de l'eau)

Prise d'eau pour des besoins industriels autres (lavage par ex.) que le refroidissement.

Captage d'eau en barrage ou en rivière pour la production d'eau potable.

Pompage d'eau pour l'irrigation de terres agricoles ou pour leur l'assèchement (cas des zones de polders)

Prise d'eau par dérivation ou pompage pour alimenter une pisciculture, un étang de pêche ou une autre infrastructure de loisir ou touristique.

Dérivation (et parfois pompage) de l'eau d'un fleuve ou d'une rivière vers un canal pour les besoins de la navigation (éclusage).

Ces mortalités, de type mécanique, sont fortement associées à la mobilité des poissons vers l'aval (comportement de dévalaison) qui se manifeste sous diverses formes chez les groupes d'espèces suivants (voir Philippart, 2005):

* Poissons migrateurs amphihalins (cycle vital en eau douce et en mer) qui naissent en eau douce et descendent obligatoirement vers la mer au printemps sous la forme de jeunes pour grandir et acquérir leur maturité sexuelle : cas des Salmonidés comme le saumon atlantique et la truite de mer (= forme migratrice de la truite commune) (fig. R1) et de la lamproie fluviatile.

* Poissons migrateurs amphihalins (cycle vital en eau douce et en mer) qui grandissent en eau douce et descendent obligatoirement vers la mer en automne-hiver sous la forme de pré-adultes pour se reproduire dans l'Océan: cas de l'anguille européenne du type 'anguille argentée (fig. R1) ;

* Adultes des espèces 100 % d'eau douce qui, après une migration de reproduction vers l'amont, exécutent une migration de descente pour regagner leurs habitats de résidence dans la partie aval du cours d'eau : cas d'espèces d'eau rapide (truite commune, hotu, chevaine,

barbeau) et d'eau plus lente (brèmes commune et bordelière, gardon, carpe, perche, brochet, sandre, etc.). A cette catégorie comportementale, il faut rattacher les salmonidés amphihalins adultes (potentiellement le saumon atlantique et surtout la truite de mer) qui cherchent à redescendre en mer après leur reproduction accomplie en eau douce au terme d'une migration de remontée depuis la mer. La dévalaison en post-reproduction de la plupart de ces espèces se déroule au printemps sauf chez les Salmonidés chez qui elle a lieu en fin d'automne-début d'hiver.

* Jeunes poissons de l'année (0+) ou dans leur deuxième année (1+), de petite taille (moins de 10-15 cm), qui dévalent massivement dans les cours d'eau et surtout dans les fleuves lors des coups d'eau et des crues survenant généralement entre septembre et février. Toutes les espèces sont concernées mais les principales sont le gardon, l'ablette commune, le hotu, le chevaïne, la perche et la grémille.



Figure R1: Photos des espèces de poissons migrateurs amphihalins qui effectuent obligatoirement une migration de dévalaison dans les rivières de Wallonie (Philippart, 2005).

Les ouvrages de prise d'eau industrielle dans les eaux de surface ne constituent pas seulement une cause de mortalité des poissons et notamment d'espèces de grande valeur écologique et patrimoniale (biodiversité) et halieutique mais aussi des éléments majeurs de perturbation de la continuité écologique des cours d'eau à travers le blocage /freinage des migrations et mouvements vers l'aval. A ce titre, ils sont donc directement concernés par toutes les dispositions légales et réglementaires prises en faveur de la protection des poissons et spécialement de leur libre circulation :

* La Directive européenne Habitat Faune Flore 92/43CEE complétée par FFH 97/62/CE qui reconnaît comme étant d'intérêt communautaire les sept espèces de poissons migrateurs amphihalins qui appartiennent à l'ichtyofaune du bassin de la Meuse internationale ainsi que sept autres espèces qui passent toute leur vie en eau douce. Toutes ces espèces sont classées dans les listes des annexes II et/ou IV et V correspondant à différents niveaux de protection détaillés ci-dessous. La présence de certaines de ces espèces a justifié le classement de plusieurs tronçons de cours d'eau en zone Natura 2000.

Espèce		Annexes	Observations pour la Wallonie
<u>Espèces amphihalines</u>			
<i>Acipenser sturio</i>	esturgeon	II, IV	éteint, sans espoir de retour
<i>Alosa fallax</i>	alose feinte	II, V	éteint, faible espoir de retour
<i>Alosa alosa</i>	grande alose	II, V	éteint, faible espoir de retour
<i>Coregonus oxyrinchus</i>	corégone oxhyrinque	II, IV	éteint, faible espoir de retour
<i>Petromyzon marinus</i>	lamproie marine	II	retour naturel prochain
<i>Lampetra fluviatilis</i>	lamproie fluviatile	II, V	retour naturel prochain
<i>Salmo salar</i>	saumon atlantique	II, V	en cours de restauration
<u>Espèces d'eau douce</u>			
<i>Cottus gobio</i>	chabot	II	abondant
<i>Rhodeus sericeus</i>	bouvière	II	abondant localement
<i>Lampetra planeri</i>	petite lamproie	II	rare en Meuse
<i>Cobitis taenia</i>	loche de rivière	II	pas signalé en Meuse
<i>Misgurnus fossilis</i>	loche d'étang	II	rare dans Grensmaas
<i>Barbus barbus</i>	barbeau fluviatile	V	abondant
<i>Thymallus thymallus</i>	ombre commune	V	abondant

Annexe II: espèces dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation

Annexe IV: espèces dont la conservation nécessite une protection stricte (= protection intégrale)

Annexe V: espèces dont le prélèvement dans la nature et l'exploitation sont susceptibles de faire l'objet de mesures de gestion (= protection partielle)

* La Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) qui vise l'atteinte d'un bon état ou potentiel écologique des eaux de surface auquel participe la faune des poissons et l'état de la qualité hydromorphologique des milieux, notamment au point de vue de la continuité et des possibilités de libre circulation de la faune. Les préoccupations pour la restauration de l'habitat des poissons migrateurs dans le District International de la Meuse (DHI) ont conduit à l'élaboration en 2010 et la finalisation en 2011 d'un Master Plan Poissons Migrateurs pour la Meuse (voir Philippart et al., 2010 b)

* La Directive 2006/44 /CE relative à la qualité des eaux de surface aptes à la vie des poissons.

*La Décision Benelux M (96) 5 relative à la libre circulation des poissons dans les réseaux hydrographiques Benelux remplacée en juin 2009 par la décision M (2009) (Annexe I a,b)

* Le Règlement Anguille de l'Union européenne N° 1100/2007 du 18 septembre 2007 définissant des mesures pour reconstituer les stocks de l'Anguille européenne (Annexe 2) et son prolongement Le plan de Gestion Anguille pour la Belgique (Annexe 3).

La Province de Liège est particulièrement affectée par tous les problèmes piscicoles associés à la présence d'installations avec prises d'eau en raison de sa position en aval du bassin de la Meuse où doivent obligatoirement passer des poissons migrateurs dévalant vers la mer comme les anguilles argentées adultes et les juvéniles ou smolts de la forme de mer de la truite commune et le saumon atlantique en phase de réintroduction en Wallonie depuis les années 1980 (programme Meuse Saumon 2000 : Malbrouck et al., 2007).

Parmi toutes les installations incriminées reprises dans le tableau R2 (voir fig. R2), plusieurs ont déjà été analysées dans deux rapports précédents datant de 2010 (Philippart et al, 2010). Il s'agit des centrales électronucléaires de Tihange et des centrales thermiques des Awirs et de Seraing TGV, des grandes centrales hydroélectriques au fil de l'eau sur la Meuse canalisée (Ampsin-Neuville, Yvoz-Ramet, Monsin et Lixhe) et des centrales hydroélectriques sur la partie navigable de l'Ourthe (Grosses Battes, Mérytherm) et de l'Amblève (Raborive) ainsi que sur l'Amblève non navigable à Lorcé-Heid de Goreux.

Il nous restait donc à examiner le cas des nombreuses microcentrales installées sur les cours d'eau non navigables des sous-bassins de l'Amblève, de la Vesdre, de la Meuse aval (Méhaigne, Hoyoux, Berwinne) et du Rhin (Our) (tabl. R22 ; fig. R2)

Tableau R2. Dénomination, localisation géographique, puissance installée (débit maximum utilisé et hauteur de chute) et date de mise en service des centrales hydro-électriques sur les cours d'eau navigables et non navigables de Wallonie. Toutes les unités, sauf celles avec un astérisque, ont été certifiées 'vertes' par la Commission wallonne pour l'Energie-CWaPE (situation 2009). Les unités soulignées en grisé sont celles qui seront analysées dans notre rapport 2011 au plan de leur impact environnemental et piscicole.

Dénomination	Cours d'eau	Puissance MW	Débit m ³ /s	Hauteur chute m	Année (1)
<u>SOUS-BASSIN MEUSE AVAL</u>					
Lixhe	Meuse	23,0	340	8,2	1980
Monsin	Meuse	17,8	450	5,5	1954
Ampsin-Neuville, écluse	Meuse	9,9	270	4,6	1965
Yvoz-Ramet, écluse	Meuse	9,7	285	4,6	1954
Andenne, écluse	Meuse	8,9	210	5,4	1980
Moulin Schyns Moresnet	Geule	?	?	1,2	?
Moulin Hick Val-Dieu	Berwinne	0,018	0,4	7,2	2007
Moulin de Jehoulet (Willot) Moha	Méhaigne	0,022	?	3	2004
Hydro Neuville (Carmeuse) Moha	Méhaigne	0,090	?	-	?
Moulin Heine Fallais	Méhaigne	0,007	roue	1	?
Waldor (Devetter) Marchin	Hoyoux	0,075	2,0	4,5	2008
Hydrobarse (Ikonomakos) Marchin	Hoyoux	0,045	1,7	3,2	2008

Tableau R2 (suite)

Dénomination	Cours d'eau	Puissance MW	Débit m³/s	Hauteur chute m	Année (1)
<u>SOUS-BASSIN OURTHE</u>					
Mérytherm Méry	Ourthe	0,205	10	?	1988
OMEGA Grosses Battes Angleur	Ourthe	0,503	27,5	3,0	2005
<u>SOUS-BASSIN AMBLEVE</u>					
Lac de Bütgenbach Electrabel	Warche	2,1	10,0	23	1933
Lac de Robertville/Bévercé	Warche	9,9	9,9	?	1930
Moulin Meyeres Malmedy	Warche	0,119	4,0	3,6	1923
Turbine Maraite Ligneuville	Amblève	0,217	4,0	7	1919
Moulin Piront Ligneuville	Amblève	0,062	2,07	4,2	1971
Bressaix Stavelot Electrabel	Amblève	0,106	6,0	2,4	1956
Coo-Dérivation Electrabel	Amblève	0,385	7,0	7	1994
Coo-Pompage*	Amblève	1 164,0	(483)	-	1969
Barrage de Lorcé Electrabel	Amblève	0,080	3,0	3,5	1992
Lorcé/Hé de Goreu	Amblève	7,344	27,0	39,4	1931
Hydro Raborive Aywaille	Amblève	0,060	7,0	?	1984
Hydro de Refat Bellevaux	R. de Recht	0,240	1,0	25	1981
Hydro Muller Bellevaux *	Lamonrville	0,010	0,27	23,5	?
Cierreux Electrabel	R. de Ronce	0,095	2,0	8,5	-
<u>SOUS-BASSIN VESDRE</u>					
Lac de la Vesdre Eupen	Vesdre	1,519	?	(66)	1952
Lac de la Gileppe Jalhay *	Gileppe	0,95	1,8	42,9	?
CHE de Bilstain (Denis)	Vesdre	0,140	3	5	1981
Hydro Chapuis (Gamby) Bellevaux	Vesdre	0,10	5	4	1969
Moulin Fisenne Goffontaine	Vesdre	0,095	5	?	1999
CHE Gamby Olne	Vesdre	0,255	9	4	1999
Moulin Pirard (Denis) Nessonvaux	Vesdre	0,049	3	4,5	2001
CHE de Fraipont Fraipont	Vesdre	0,075	8	2,0	2001
La Fenderie Trooz	Vesdre	0,276	5	2,8	2003
<u>SOUS-BASSIN MOSELLE</u>					
Moulin de Weweler	Our	0,169	4,04,5		2002

(1) d'après la liste de la CWaPE (Commission Wallonne pour l'Energie) des installations bénéficiant d'un certificat vert . L'année d'entrée en fonction correspond parfois à la date de certification 'verte' par le CWaPE.

Dans le contexte du développement des énergies renouvelables pour lutter contre le réchauffement du climat, de nombreux projets de production d'hydroélectricité émergent un peu partout. Il est essentiel de s'assurer que ces projets n'entraînent pas une dégradation supplémentaire de la faune des poissons de nos cours d'eau au moment où ceux-ci commencent à bénéficier des efforts considérables d'épuration des eaux usées, des aménagements en faveur de la libre circulation des poissons en remontée (échelles à poissons) (Ovidio et al., 2008) et des nouvelles possibilités de repeuplement de reconstitution ou de soutien des populations en espèces non commerciales (truite commune de souches locales dont truite de mer, saumon, ombre commun, barbeau, chevaine, hotu, vandoise, etc.) ainsi que depuis début 2011 en jeunes anguilles sauvages (Plan de Gestion de l'Anguille pour la Belgique).

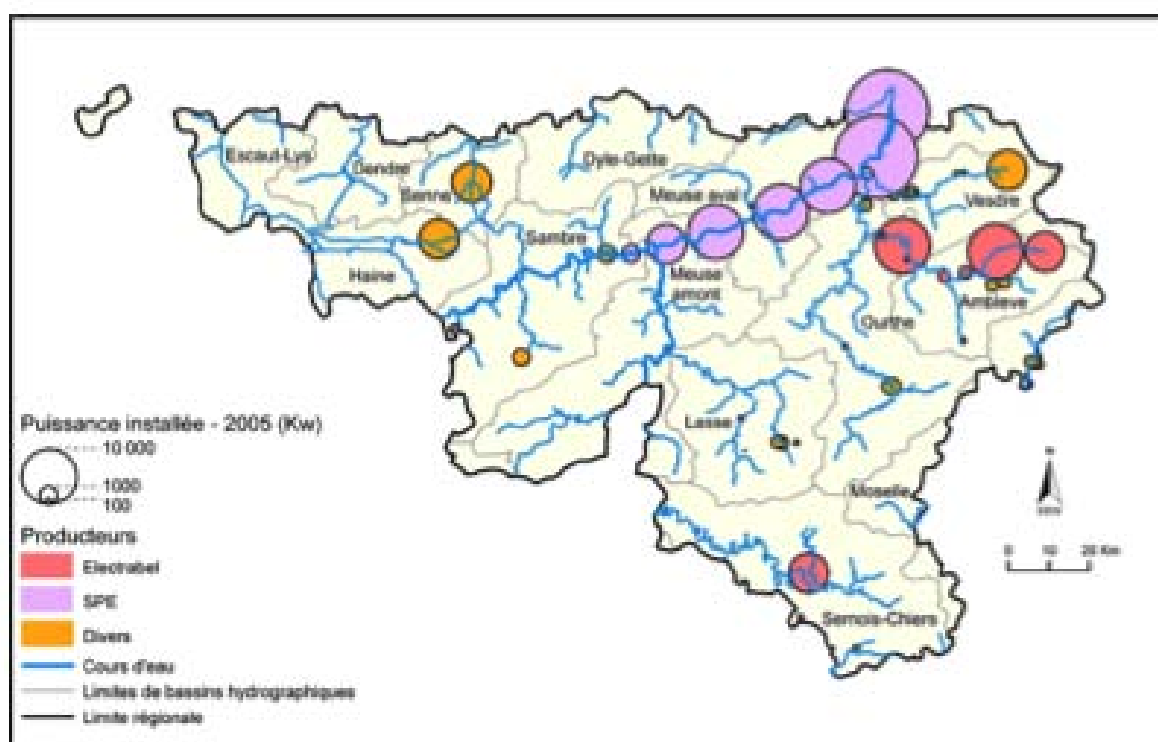


Figure R2. Carte des 48 centrales hydroélectriques (sauf centrales à accumulation par pompage) certifiées 'vertes' par le CWaPE (source : Etat de l'Environnement Wallon, Huart et t'Serstevens, 2006). On remarque la concentration des grandes unités sur la Meuse, l'Amblève et la Vesdre en Province de Liège.

Le programme d'études bibliographiques exécuté en 2011 par l'ULg au bénéfice de la Commission de Liège du Fonds piscicole a pour objectif de faire le point sur les différents aspects du problème 'Poissons, prises d'eau industrielles et hydro turbines' qui viennent d'être évoqués et de dégager les principales pistes des actions à entreprendre dans le cadre des plans de gestion piscicole. Cette étude représente une compilation des nombreuses informations rassemblées par l'ULg depuis une trentaine d'années : recherches FNRS et expertise scientifique de J.C. Philippart sur la démographie, la biodiversité et la conservation des poissons de Wallonie (Philippart, 2008, 2007, 2002, 1988 ; Philippart et Vranken, 1983 a,b), thèse de doctorat et recherches ultérieures de M. Ovidio (Ovidio et al., 2008, 2007), thèse de doctorat de D. Sonny (2006, 2009), mémoires de fin d'études (Master) en biologie et psychologie animale, études d'incidences sur l'environnement ainsi qu'expertises diverses et

conventions d'études avec les Pouvoirs publics régionaux et des bureaux d'études privés dont principalement depuis 2000 :

Fin années 1980-2012. SPW-DGARNE. Direction de la Nature et des Forêts – Service de la Pêche. Conventions annuelles ‘ Suivi scientifique de la réhabilitation du saumon atlantique dans le bassin de la Meuse. Contribution spécifique de l’Université de Liège : Etude des comportements et voies de migration à la remontée et à la descente des salmonidés et des autres poissons migrateurs dans les axes Meuse-Ourthe-affluents.

Février 2000 - février 2001. SPW-DGARNE. Direction des Cours d'Eau Non Navigables. Convention d'étude ‘ Définition de bases biologiques et éco-hydrauliques pour une gestion durable des migrations de reproduction et de dispersion des poissons dans les cours d'eau non navigables de Wallonie ‘.

Juin 2000 - mai 2002. Laborelec S.A. Etude de l'incidence des prises d'eau des centrales électriques thermiques sur les poissons de la Meuse. Cas de la centrale nucléaire de Tihange et de la centrale TGV de Seraing.

Juillet - décembre 2002. Laborelec S.A. Inventaire et caractérisation des techniques à mettre en oeuvre pour limiter l'impact environnemental et piscicole de la production d'hydroélectricité par micro-turbines.

Janvier 2003 - mars 2004. Laborelec S.A. Etude de la répulsion des poissons de la Meuse au niveau de la prise d'eau du canal d'amenée de la Centrale nucléaire de Tihange. Testage d'un système par infrasons.

Mars 2003 - février 2005. SPW-DGARNE. Direction des Cours d'Eau Non Navigables. Convention d'étude ‘Définition de bases biologiques et éco-hydrauliques pour la libre circulation des poissons dans les cours d'eau non navigables de Wallonie’ (Partie 1).

Mai 2005 - juillet 2007. SPW-DGARNE. Direction des Cours d'Eau Non Navigables. Convention d'étude ‘Définition de bases biologiques et éco-hydrauliques pour la libre circulation des poissons dans les cours d'eau non navigables de Wallonie’ (Partie 2).

2005 - 2007. SPW-DGARNE. Chapitre : L'érosion de la biodiversité ‘Les poissons’ de l'Etat de l'Environnement Wallon 2006. Synthèse et Dossier scientifique.

Octobre 2007 - septembre 2009. SPW-DGARNE. Direction des Cours d'Eau Non Navigables. Convention relative au ‘Développement d'une méthodologie de fixation des conditions d'installation et d'exploitation des centrales hydro-électriques sur les cours d'eau non navigables de Wallonie afin de limiter leur impact sur la qualité écologique et les ressources piscicoles des milieux (approche DCE et plan PLUIES)’.

Octobre 2009 - mars 2010. SPW-DGARNE. Direction des Cours d'Eau Non Navigables. Convention relative à l'Appui scientifique à l'élaboration des cartes des axes prioritaires de migration en montaison et dévalaison des poissons (spécialement des salmonidés, des cyprinidés rhéophiles et de l'anguille européenne) dans les cours d'eau non navigables de Wallonie.

Novembre 2010 - octobre 2013. Fonds Européen pour la Pêche (FEP) et Direction des Cours d'Eau Non Navigables (DCENN) du Service Public de Wallonie (SPW). Projet 'Caractérisation des comportements de dévalaison et de montaison de poissons migrateurs en vue d'une optimisation et d'une conception des dispositifs de franchissement sur deux sites hydroélectriques de l'Amblève'.

On rappellera qu'une première partie (A) du dossier a fait l'objet d'un rapport 2010 de 95 pages qui contient l'étude des installations situées sur la Meuse liégeoise canalisée navigable : les prises d'eau de refroidissement des centrales électriques thermiques de Tihange CN, Seraing TGV et Les Awirs et les quatre grandes centrales hydroélectriques au fil de l'eau de Ampsin-Neuville, Yvoz-Ramet, Monsin -Liège et Lixhe -Visé.

La deuxième partie (B) du rapport 2010 comprenant 78 pages s'est intéressée aux installations, exclusivement des centrales hydroélectriques, situées sur les grands cours d'eau affluents de la Meuse, comme l'Ourthe en régime dit navigable et l'Amblève dans sa partie dite navigable en aval du pont de Sougné-Remouchamps ainsi que dans sa partie non navigable en aval de la Liègne prise en compte afin de pouvoir traiter de l'important problème de la centrale de Heid de Goreux alimentée par le barrage de Lorcé.

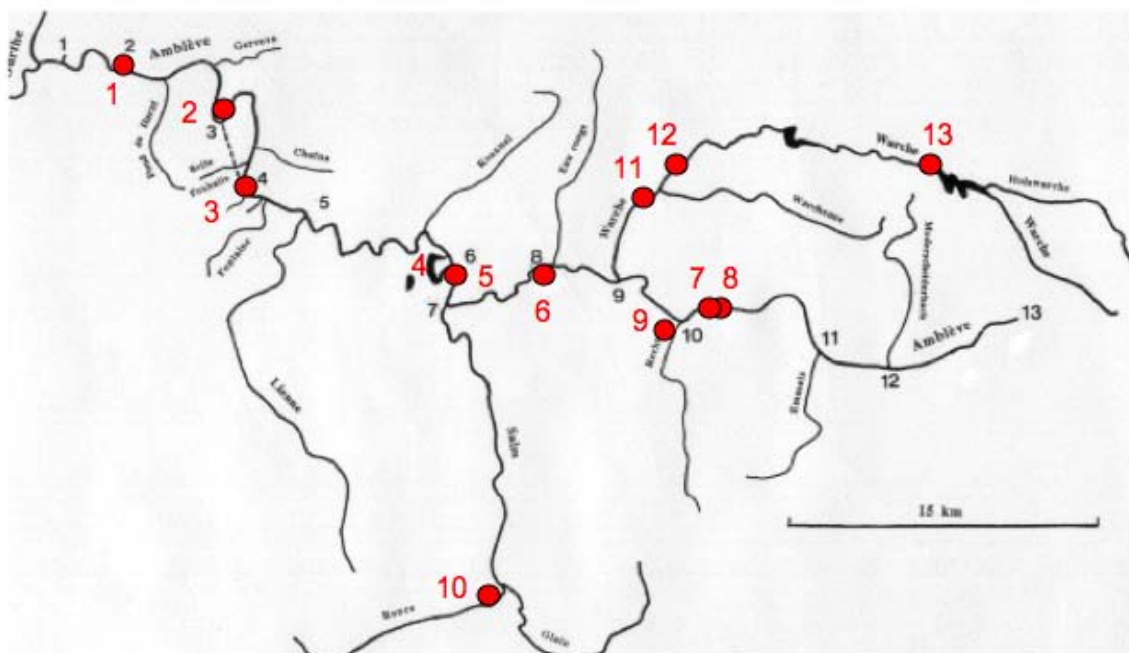
La plupart des autres centrales hydroélectriques seront traitées dans deux derniers rapports de 2011-2012 désignés C (sous-bassin de l'Amblève, cours principal) et D (sous-bassin de l'Amblève, affluents + sous-bassin de la Vesdre + petits affluents du sous-bassin Meuse aval). Pour faciliter la lecture du groupe des Rapports C et D, nous avons répété dans le premier de ceux-ci consacré à l'Amblève non navigable l'introduction générale des Rapports A et B et nous présenterons les chapitres du Rapport D comme une suite de ceux du Rapport C dans la perspective du regroupement ultérieur des trois documents en un seul.

5. LES CENTRALES HYDRO-ELECTRIQUES SUR LE COURS PRINCIPAL DE L'AMBLEVE NON NAVIGABLE

Introduction

Le sous-bassin de l'Amblève abrite de nombreuses centrales hydro-électriques de tous types et de toutes puissances qui sont répertoriées dans le tableau et la carte suivants.

N° carte	Dénomination	Cours d'eau	Puissance kW	Débit m ³ /s	Hauteur m	Type
1	Hydro Raborive Aywaille	Amblève	60	7,0	?	fil de l'eau
2	Lorcé/Hé de Goreu	Amblève	7344	27,0	39,4	conduite forcée
3	Barrage de Lorcé Electrabel	Amblève	80	3,0	3,5	fil de l'eau
4	Coo-Pompage*	Amblève	1 164	(483)	-	accumulation
5	Coo-Dérivation Electrabel	Amblève	385	7,0	7	fil de l'eau
6	Bressaix Stavelot Electrabel	Amblève	106	6,0	2,4	fil de l'eau
7	Moulin Piront Ligneuville	Amblève	62	2,07	4,2	fil de l'eau
8	Turbine Maraite Ligneuville	Amblève	217	4,0	7,0	fil de l'eau
9	Hydro de Refat Bellevaux	R. de Recht	240	1,0	25	conduite forcée
-	Hydro Muller Bellevaux *	Lamonrville	10	0,27	23,5	fil de l'eau
10	Cierreux Electrabel	R. de Ronce	95	2,0	7,5	fil de l'eau
11	Moulin Meyeres Malmedy	Warche	119	4,0	3,6	fil de l'eau
12	Lac de Robertville/Bévercé	Warche	9900	9,9	51	conduite forcée
13	Lac de Bütgenbach Electrabel	Warche	2100	10,0	23	fil eau (barrage)



Les trois CHE les plus en aval du bassin (n°1 = Raborive ; n°2 = Heid de Goreux/Lorcé ; n°3 = Lorcé barrage) ont été traitées dans la partie B du rapport Fonds Piscicole Liège de 2010.

Le présent rapport examine le cas des cinq CHE situées sur le cours principal de l'Amblève : n° 4= Coo-Pompage ; n° 5= Coo-Dérivation ; n° 6 = Stavelot-Bressaix ; n° 7 = Moulin Piront Ligneuville et n° 8 = Turbine Maraite Ligneuville.

Dans ce dossier, nous ne traitons pas des unités jugées petites et non prioritaires (n° 9 = Refat Bellevaux sur le Recht ; hydro Muller sur le R. de Lamonrville non numérotée ; n° 10 = Cierreux sur le Ruisseau de Ronce-Salm) et des unités situées sur la Warche et considérées comme très particulières en raison du mauvais statut piscicole actuel de cet affluent (n° 11 = Moulin Meyeres Malmédy ; n° 12 = Bévercé/Lac de Robertville ; n° 13 = Lac de Bütgenbach). Ces unités seront traitées dans la partie D du rapport consacrée aux affluents de l'Amblève non navigable.

5. 1. Les centrales hydro-électriques associées à la cascade de Coö : la CHE (400 kW) de Coö-Dérivation et le bassin inférieur de la CHE (1100 MW) de Coö-Pompage

5.1.1. Caractéristiques techniques

5.1.1.1. Description générale du site

La CHE de Coö-Dérivation est située en rive gauche de l'Amblève (fig. 1), à l'extrémité d'un canal d'amenée d'environ 400 mètres correspondant à la partie amont (Petit Coö) de l'ancien méandre de la rivière qui contournait le promontoir du Tour de Coö et dont la partie aval aboutissait au pied de la cascade de Coö (Grand Coö) (fig. 2).

Cette situation a été profondément modifiée au début des années 1970 avec la construction du complexe de la centrale hydroélectrique à accumulation de Coö-Pompage qui impliqua la transformation du méandre du Tour de Coö en une retenue artificielle de 8 450 000 m³, appelé bassin inférieur (altitude 270 m), contenue entre deux barrages-poids (fig. 3). Dans le même temps fut construit un bassin supérieur (altitude 509 m) de 8 540 000 m³ relié par une conduite forcée souterraine à une salle des machines abritant 6 turbines Francis à axe vertical capables de turbiner au total 522 m³/s (3 x 65 m³/s et 3x 109 m³/s) en développant pendant 4 à 6 heures une puissance de 1100 MW. Pendant la nuit, les turbines fonctionnent comme des pompes qui remontent l'eau du bassin inférieur vers le bassin supérieur en utilisant de l'énergie produite à plus faible coût que pendant la journée par d'autres centrales électriques classiques ou nucléaires.

L'aménagement hydro-électrique de Coö-Pompage eut comme impact écologique majeur la création d'une barrière totale à la remontée des poissons de l'aval à l'amont de la cascade de Coö puisque celle-ci, ouvrage infranchissable depuis sa construction amorcée au Moyen-Age par les moines et finalisée en 19^{ème} siècle, ne pouvait désormais plus être contournée grâce au méandre. Pour le reste, la CHE de Coö-Pompage fonctionne pratiquement en circuit fermé et n'a pas d'autres impacts significatifs sur l'écologie de l'Amblève que celui lié à la maximalisation de l'effet barrière de la cascade de Coö.

Par ailleurs, la dénivellation de 7 m entre le début et la fin de l'ancien méandre de Coö a été valorisée par l'installation en 1990-1991 d'une CHE au fil de l'eau dite de Coö-Dérivation, avec une capacité maximale de turbinage de 6 m³/s et de production de 400 kW. L'eau de l'Amblève en amont de la cascade est prélevée par un canal d'amenée (ancien méandre) et restituée après turbinage dans un canal de fuite qui retourne à la rivière en rive gauche près du pied de la cascade (fig. 4 et 5). On signalera que la plus grande partie de ce canal de fuite est constituée d'un ouvrage souterrain creusé en 1968-1970 pour court-circuiter le méandre dans un but de protection contre les crues. C'est la CHE de Coö-Dérivation qui nous intéressera principalement par la suite pour ce qui concerne son impact sur la dévalaison des poissons.

5.1.1.2. Prise d'eau et turbine à la CHE de Coö-Dérivation

A l'extrémité du canal d'amenée, la prise d'eau est protégée par une grille horizontale à barreaux espacés de 40 mm. L'eau arrive verticalement dans une turbine Kaplan qui tourne à une vitesse de 331 t/min et est équipée de 4 pales variables qui permettent d'utiliser un débit entre 1,5 et 7 m³/s, donc de fonctionner pratiquement en continu mais avec une intensité

variable selon le débit de la rivière (module de 15,18 m³/s pour 1999-2009 à la station SETHY de Targnon en aval de la cascade de Coo) avec une variabilité illustrée par la figure 6.

Coo- Dérivation

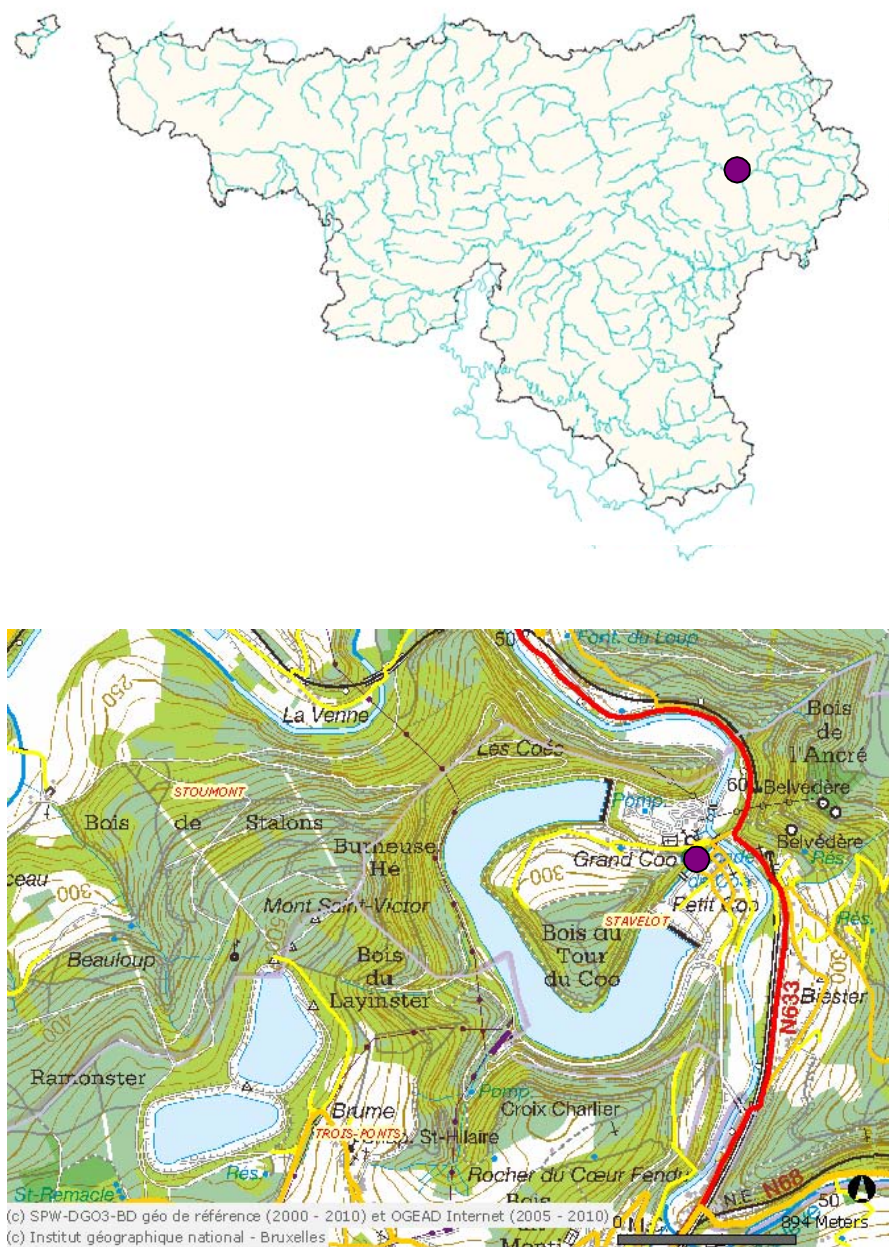


Figure 1. Cartes de situation de la centrale hydroélectrique de Coo-Dérivation sur l'Amblève à Trois-Ponts (coordonnées : 257.229,121.372).

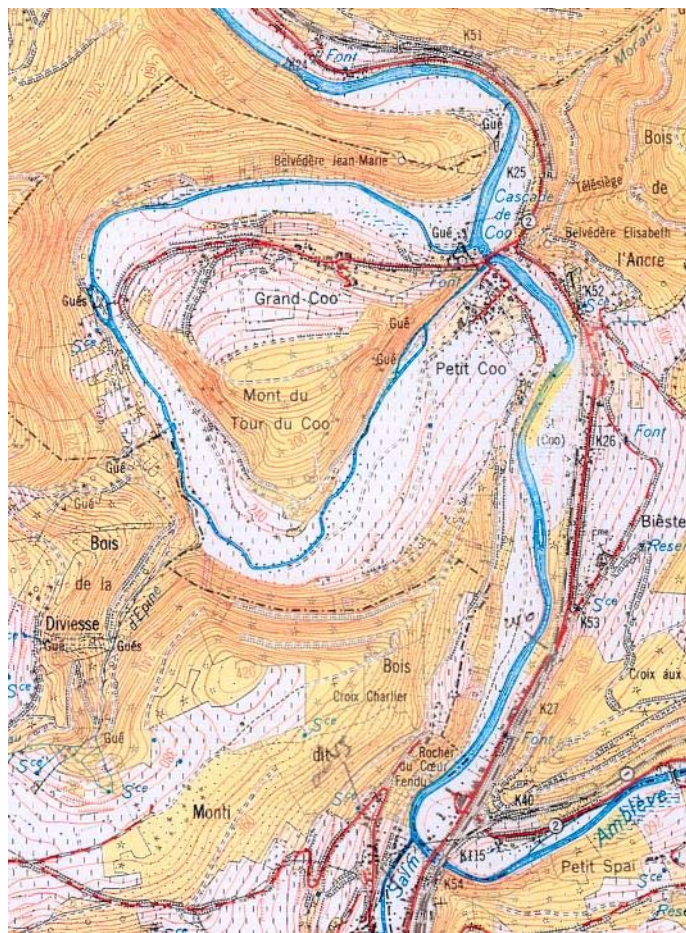


Figure 2. Cours ancien de l'Amblève à Coo montrant le méandre du Tour de Coo (partiellement recoupé artificiellement par la Cascade de Coo) qui est devenu le bassin inférieur du complexe hydro-électrique de Coo-Pompage (extrait carte IGN).



Figure 3. Le bassin supérieur et le bassin inférieur (ancien méandre du Tour de Coo sur l'Amblève) du complexe hydroélectrique de Coo-Pompage (source : Electrabel).



Figure 4. Vue du site de la cascade de Coo sur l'Amblève. Au-dessus : vue vers l'aval de la partie de l'ancien méandre du Tour de Coo, au-dessus de la cascade, transformé en canal d'amenée d'eau vers la CHE de Coo-Dérivation. En-dessous : vues de la grande (à gauche) et de la petite (à droite) cascade de Coo avec à l'avant plan venant de la droite le canal de fuite de la CHE de Coo-Dérivation.



Figure 5. Vue vers l'amont de la fin du canal de fuite de la CHE de Coo-Dérivation correspondant à la partie inférieure du méandre de l'Amblève au Tour de Coo.

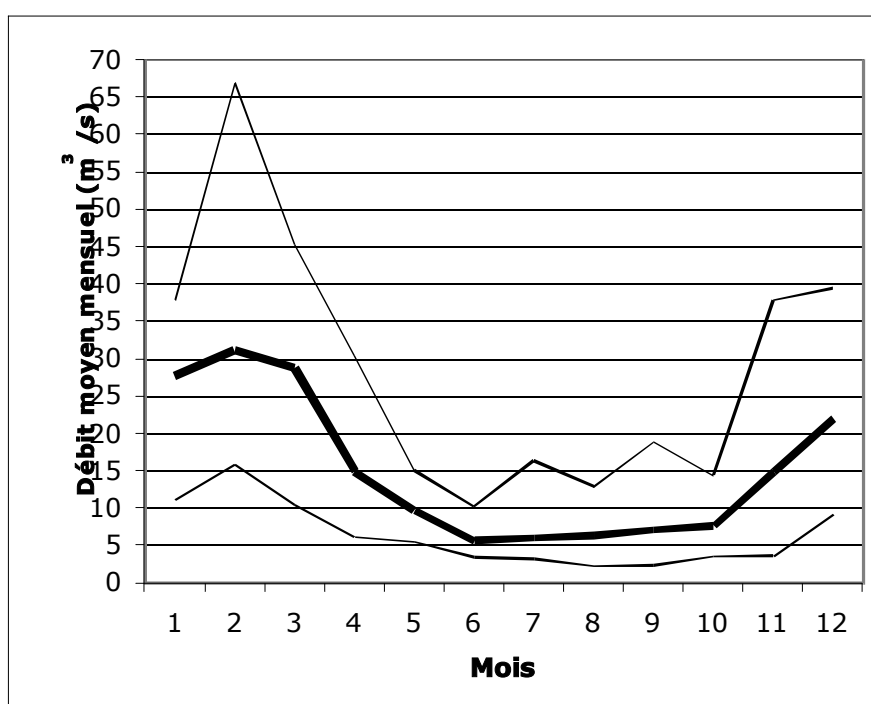


Figure 6. Régime des débits moyens mensuels (m^3/s) dans l'Amblève à la station limnimétrique SETHY de Targnon en 1999-2009. La courbe en trait gras correspond à la moyenne générale des moyennes mensuelles et les courbes en trait fin correspondent aux valeurs minimales et maximales de ces moyennes mensuelles.

5.1.2. Analyse des impacts des aménagements hydroélectriques sur les poissons

5.1.2.1. Faune des poissons concernés dans l'Amblève

(a) En aval de la cascade (alimentation de la montaison)

Les pêches électriques effectuées dans l'Amblève en aval de la cascade de Coo de 2003 à 2011 (tabl.1 ; fig. 7) reflètent les caractéristiques du peuplement en poissons dans une situation correspondant à une assez bonne qualité biologique de l'eau depuis l'arrêt vers le milieu des années 1990 de la grave pollution industrielle provenant de la tannerie de Malmédy.

Ces résultats confirment qu'on est bien dans une zone à ombre avec une communauté dominée en biomasse par les Salmonidés représentés par la truite commune et l'ombre commun et par les cyprinidés d'eau rapide représentés par le barbeau, le chevaine et la vandoise ainsi que, depuis peu (rétablissement de la libre migration au barrage de Lorcé en 2007) par le hotu qui n'apparaît toutefois pas encore dans les statistiques des pêches reprises dans le tableau.

On trouve aussi les Cyprins d'accompagnement représentés par le gardon, les prédateurs représentés par la perche, le brochet et l'anguille européenne ainsi que les espèces de petite taille qui vivent dans les eaux courantes d'assez bonne qualité (petite lamproie, chabot, ablette spiralin) ou de qualité plus moyenne (vairon, loche franche, goujon, grémille, épinoche).



Figure 7. Produit d'une pêche à l'électricité par l'ULg dans l'Amblève en aval de la cascade de Coo en octobre 2010. On reconnaît principalement de grands barbeaux et chevaines.

Tableau 1. Composition de la faune des poissons dans l'Amblève en aval de la cascade de Coö d'après les résultats de pêches à l'électricité effectuées par l'ULg de 2003 à 2011.

Espèce	03/12/03 Coo aval cascade env. 500 m sondage source 1	24/08/05 Coo STEP 126 x 28,5 m 3591 m2 2 passages source 2	10/2010 + 03&05/2011 Coo aval cascade 3 stations 2 passages source 3
Truite commune	32	13	85
Ombre commun	6	34	37
Barbeau fluviatile	10	30	64
Hotu	-	-	+
Chevaine	5	36	28
Vandoise	6	-	101
Ablette spirilin	-	-	59
Vairon	61	1931	212
Goujon	54	28	85
Gardon	11	-	94
Perche	4	-	12
Brochet	1	-	5
Anguille européenne	5	12	3
Grémille	-	-	1
Epinoche	-	-	68
Loche franche	23	118	682
Chabot	90	143	393
Petite lamproie	1	2	16
N total	309	2347	2025

Source 1 : sondage rapide dans le cadre du programme FISHGUARD (Blust et al., 2006) pour caractériser le blocage des poissons par la cascade et pour échantillonner des truites communes, des chabots et des gardons en vue d'études génétiques ;

Source 2 : dénombrement complet du peuplement dans le cadre de l'étude d'incidence du renouvellement du permis des centrales hydroélectriques Electrabel de Coö-pompage et Coö-dérivation.

Source 3 : dénombrements réalisés dans le cadre du Projet FEP/ULG/DCENN-SPW (Ovidio et al., 2011) pour caractériser la communauté de poissons concernée par le blocage des remontées au niveau de la cascade de Coö et la CHE de Coö-dérivation.

(b) En amont de la cascade (alimentation de la dévalaison)

Dans l'Amblève en amont de la cascade de Coö, la communauté des poissons est moins riche (10 espèces) qu'en aval (18 espèces), à cause de deux facteurs principaux : i) un caractère physiographique salmonicole plus marqué en amont qu'en aval et ii) un effet barrière qui empêche la recolonisation post-pollution de l'amont par des poissons de plusieurs espèces potentiellement migratrices (hotu, vandoise, ablette spirin, anguille).

Tableau 2. Composition de la faune des poissons dans l'Amblève dans sa partie juste en amont de la cascade de Coö d'après les résultats de pêches à l'électricité effectuées par l'ULg et le SP de 2003 à 2005.

Espèce	05/04/03		23/08/05		Deux stations	
	Petit Spay 147 x 22,1 m 3248 m ² 2 passages source 5		Faravenne camping 115 x 22 m 3300 m ² 2 passages source 4			
	N	Kg	N	Kg	N	Kg
Truite commune	11	1,569	49	5,176	60	6,745
Ombre commune	1	0,054	11	0,268	12	0,322
Barbeau fluviatile	-	(+)	2	0,032	2	0,032
Chevaine	-	(+)	7	0,010	7	0,010
Vairon	141	0,410	260	1,443	401	1,853
Goujon	1	0,027	2	0,079	3	0,106
Epinoche	2	0,002	3	0,001	5	0,003
Loche franche	48	0,412	67	0,712	115	1,124
Chabot	351	1,647	399	4,491	750	6,138
Petite lamproie	1	0,001	1	0,005	2	0,006
N total	556	4,122	801	12,217	1352	16,339
Biomasse (kg/ha)		12,7		37,021		
Nbre d'espèces	8		10		10	

Source 4 : dénombrement complet du peuplement dans le cadre de l'étude d'incidence du renouvellement du permis des centrales hydroélectriques Electrabel de Coö-pompage et Coö-dérivation.

Source 5 : dénombrement réalisé par le Service de la Pêche (SEP-PE 03-005)

L'aménagement programmé d'une passe migratoire à la cascade de Coö devrait contribuer au rétablissement démographique progressif de ces espèces migratrices présentes en aval dans la partie du cours d'eau concerné. A plus brève échéance, une accélération du processus pourrait même être obtenu grâce à des translocations de poissons reproducteurs capturés en aval de la cascade (ablette spirin, vandoise, hotu comme réalisé en 2010-2011 dans l'Amblève entre l'aval et l'amont de Lorcé pour les études téléométriques) ou à des repeuplements directs de reconstitution comme cela vient d'être pratiqué par le Service de la Pêche en avril 2011 avec

des civelles importées de Grande-Bretagne et relâchées dans plusieurs stations de l'Amblève, en application en Wallonie du Plan de Gestion de l'Anguille pour la Belgique (voir Vlietinck et al., 2008).

Il faut aussi tenir compte du fait que dans le cadre du Programme Saumon Meuse, des déversements de jeunes saumons d'élevage sont opérés assez massivement depuis 2011 ($n=37.000$ tacons en mai 2011) dans l'Amblève même en amont de Coë jusqu'à Thiou ainsi que dans ses principaux affluents comme la Salm à Trois-Ponts et la Warche à Thiou. Il ressort d'ailleurs des études les plus récentes (Philippart et al., 2011) que les déversements de jeunes saumons opérés en mai 2011 dans la station de Stavelot Long Pré, 2,5 km en amont de Coë, ont permis la constitution d'une très importante population estimée à 24,3 individus / 100 m² ou 688/mètre linéaire avec la structure par tailles illustrée par la fig. 8.

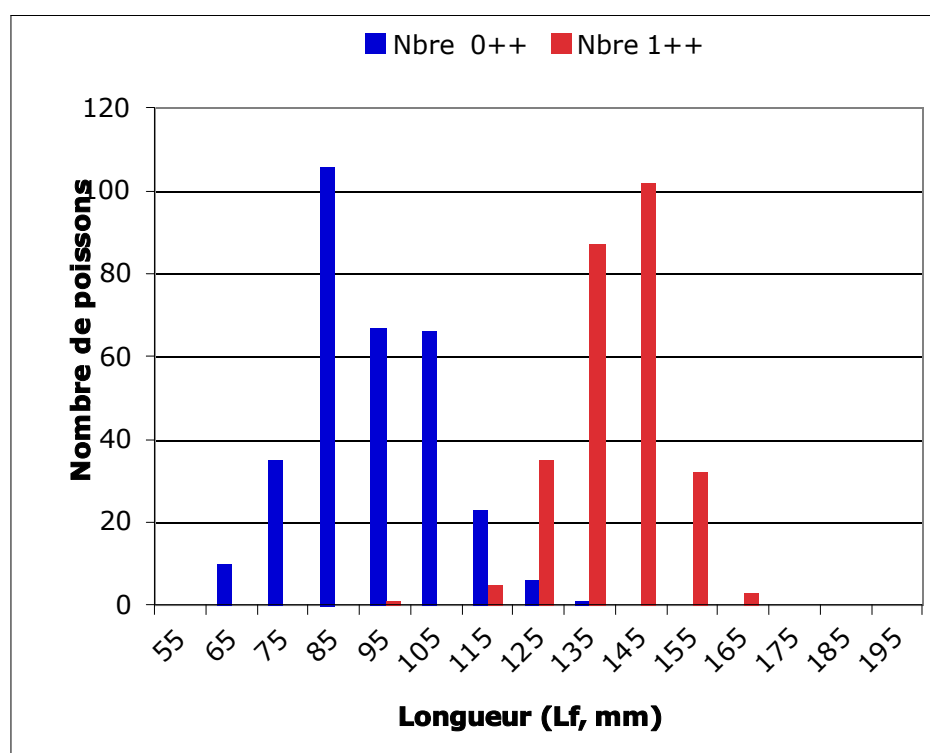


Figure 8. Composition par tailles de la population des saumons capturés par pêche électrique le 30 novembre 2011 dans l'Amblève à Stavelot-Long Pré (secteur de 143 x 28,3 m = 4047 m²). Lors des deux passages en pêche électrique on a capturé au total $n= 672$ tacons présentant la composition par tailles illustrée par la figure. La population présente dans le secteur de l'Amblève comprend $n= 407$ 0++ de Lm 92 mm issus d'un déversement le 18 mai 2011 d'un lot de 2000 pré-estivaux de 34 mm et $n= 265$ sujets 1++ de Lm 139 mm issus d'un déversement le 24 mai d'un lot de $n=1000$ grands tacons d'un an de 110 mm.

Sur la base d'une telle densité de population et compte tenu des superficies de bons habitats à tacons disponibles (73 % du linéaire et 12,43 ha entre les confluences de la Salm et de l'Eau Rouge, d'après Kestemont et al., 2011) on pourrait tabler sur une production annuelle dans le tronçon de près de 30 000 tacons de 1 et 2 étés prêts, pour les plus grands d'entre eux, à smoltifier (potentiel de 6 000 smolts d'après l'étude précitée de l'équipe FUNDP-Namur) et donc à dévaler et à être confrontés au problème du franchissement du site de la cascade de Coë via la cascade elle-même ou via la CHE.

Vu la bonne qualité actuelle des habitats à saumon dans le bassin de l'Amblève en amont de Coo, on doit s'attendre dans les prochaines années à une intensification des repeuplements en jeunes saumons et donc de l'accroissement du nombre de saumoneaux dévalants.

5.1.2.2. Blocage des remontées des poissons à Coo

(a) Espèces susceptibles de chercher à remonter l'Amblève à la cascade

La migration de remontée des poissons au niveau de la cascade de Coo devrait être fort comparable à celle observée au barrage de Lorcé équipé d'un nouvel ouvrage de franchissement depuis octobre 2007 et où un piégeage est assuré par l'équipe ULg en continu depuis cette date (tabl. 3).

Tableau 3. Nombre et biomasse des poissons interceptés en migration de remontée dans le piège de l'échelle à bassins du barrage de Lorcé de novembre 2007 à août 2011. Source des données : Rapports au SPW/DCENN par Ovidio et al. (2010) et Ovidio et al. (2011).

Espèce	Effectif		Biomasse	
	N	%	Kg	%
Anguille	1	0,03	0,140	0,04
Saumon atlantique	19	0,60	0,753	0,22
Truite commune	426	13,44	78,830	23,52
Ombre commun	57	1,80	11,234	3,35
Truite arc-en-ciel	59	1,86	24,819	7,41
Barbeau	119	3,76	171,229	51,10
Hotu	3	0,09	3,283	0,98
Chevaine	59	1,86	27,130	8,10
Vandoise	45	1,42	0,728	0,22
Ablette spirilin	602	19,0	4,186	1,25
Vairon	1564	49,35	3,751	1,12
Goujon	186	5,87	3,380	1,01
Gardon	4	0,13	0,062	0,02
Brème commune	2	0,06	1,590	0,47
Brème bordelière	1	0,03	0,052	0,02
Carpe commune	1	0,03	3,830	1,14
Epinoche	3	0,09	0,004	0,01
Loche franche	11	0,35	0,062	0,02
Chabot	7	0,22	0,053	0,02
Total	3169		335,116	

Le piégeage à Lorcé révèle la capture en remontée de 19 espèces (avec un effectif total de $n = 3169$ individus et une biomasse 335,1 kg) dont les plus abondantes sont par ordre décroissant, pour les nombres d'individus, le vairon (49,4 %), l'ablette spirilin (19,0 %), la truite commune (13,4 %), le goujon (5,9 %) et le barbeau (3,8 %) et, pour la biomasse, le barbeau (49,4 %), la truite commune (23,5 %), le chevaine (8,1 %), la truite arc-en-ciel de rempoissonnement (7,4 %) et l'ombre commun (3,4 %).

Extrapolés à l'Amblève à Coo, les résultats des remontées à Lorcé (17 km en aval) indiquent clairement pour quelles espèces les plus abondantes en nombre et/ou biomasse il faut prioritairement rétablir la libre migration vers l'amont : truite commune, ombre commun, barbeau, chevaine, ablette spirilin, vairon et goujon.

A ces espèces, doivent aussi être ajoutées quelques autres de grande importance écologique et halieutique, le hotu, la vandoise et l'anguille européenne, dont les remontées à Lorcé n'apparaissent pas actuellement abondantes en raison d'un niveau démographique normalement (vandoise) et anormalement (hotu) faible dans la rivière et/ou de la sélectivité du piège de capture en leur défaveur (cas des anguilles et des vandoises qui passent entre les barreaux du piège).

Enfin, il faut être attentif au cas des espèces patrimoniales Natura 2000 de petite taille comme le chabot et la petite lamproie chez qui l'existence d'une barrière totale à la migration vers l'amont à Coo pourrait entraîner une altération génétique des populations comme cela a été mis en évidence chez le chabot entre l'aval et l'amont du barrage infranchissable de Nisramont sur l'Ourthe (Blust et al., 2006) où joue toutefois un facteur (le piégeage des dévalants dans la retenue) non actif à Coo.

(b) Observations sur le comportement de poissons migrateurs en aval de la cascade de Coo

Dans la perspective d'équiper la cascade de Coo avec un ouvrage de franchissement approprié, le LDPH-ULg a entrepris en novembre 2010 une étude de 2 ans cofinancée par le Fonds Européen pour la Pêche (FEP) et la Direction des Cours d'Eau Non Navigables (DCENN) du Service Public de Wallonie (SPW) et intitulée : 'Caractérisation des comportements de dévalaison et de montaison de poissons migrateurs en vue d'une optimisation et d'une conception des dispositifs de franchissement sur deux sites hydroélectriques de l'Amblève'.

Un volet de cette étude consistait à décrire et à analyser les comportements de migration liés à la reproduction chez trois espèces de poissons (la truite commune, le barbeau fluviatile et le hotu) dans l'Amblève entre l'amont du barrage + échelle à poissons de Lorcé et la zone d'influence de la cascade de Coo considérée comme un obstacle totalement infranchissable. L'exécution de ce projet a donné lieu à la réalisation de deux mémoires de fin d'études à l'Université de Liège- UBC par D. Brédart (2011) et C. Hanzen (2011) :

Brédart, D., 2011. Caractérisation des tactiques d'utilisation de l'espace chez la truite commune (*Salmo trutta*) et le barbeau fluviatile (*Barbus barbus*) dans un bief de l'Amblève entre Lorcé et la cascade de Coo. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences Psychologiques, Université de Liège, 97 pages (septembre 2011).

Hanzen, C., 2011. Suivis par biotélémétrie de l'adaptation comportementale de hotus (*Chondrostoma nasus*) transloqués dans l'Amblève entre deux ouvrages hydroélectriques. Implications pour la conception d'ouvrages de franchissement. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Biologie des organismes et écologie, Université de Liège (Unité de Biologie du Comportement-UBC), 56 pages (septembre 2011).

Truite commune

L'étude a porté sur 4 truites (2 mâles et 2 femelles) de 27-32 cm capturées par pêche à l'électricité en aval de la cascade de Coo le 19 octobre 2010 en début de la période de reproduction. Ces truites ont été radio-marquées puis remises à l'eau à l'endroit de leur capture en vue d'un radio-pistage de la mi-octobre 2010 à la fin mars 2011.

Chez les trois truites qui ont pu être suivies pendant au moins 10 jours, on a observé une migration vers l'aval sur une distance de 1,150 à 10,070 km, qui apparaît comme une réponse comportementale à l'impossibilité physique de migrer vers l'amont comme le font d'habitude les truites dans un milieu ouvert. Au terme d'un premier mouvement de dévalaison sur une distance de 2,3 km une truite a été retrouvée dans le cours inférieur du Roannai probablement pour s'y reproduire. Une autre truite s'est stabilisée pendant quelques jours à - 10,070 km dans le cours principal de l'Amblève, probablement aussi pour se reproduire.

Hotu

L'étude a été réalisée sur 8 hotus (6 femelles et 2 mâles) de 46-50 cm capturés par pêche à l'électricité le 23 février 2011 (n=6) en aval du barrage de Belle Roche à Comblain-au-Pont et le 10 mars 2011 (n=2) au niveau de la restitution de l'eau turbinée par la centrale de Hé de Goreux alimentée par une conduite forcée venant de la prise d'eau du barrage de Lorcé (fig. 9). Après radio-marquage, ces poissons ont été transférés expérimentalement dans un habitat adéquat à environ 1,2 km de la cascade de Coo et radio-pistés intensivement (2-3 localisations par semaine) du 23 février au 13 juin 2011.

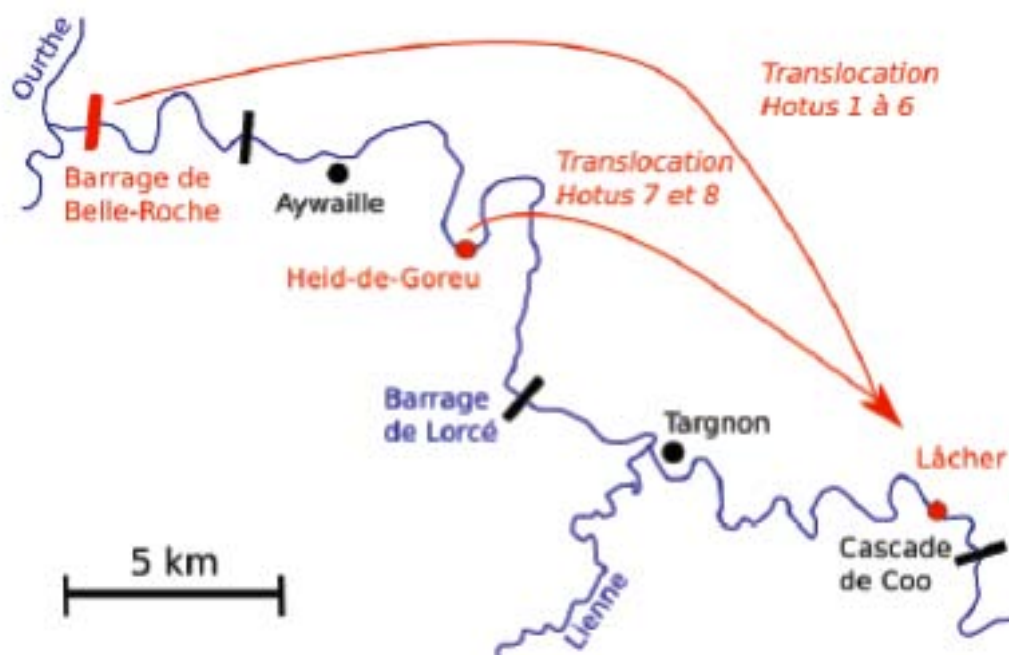


Figure 9. Carte du cours de l'Amblève indiquant les lieux de capture des hotus reproducteurs et le lieu de leur relâcher à proximité de la cascade de Coo au printemps 2011 (source : Hanzen, 2011).

Les apports les plus intéressants de cette étude sont les suivants :

* Après leur remise à l'eau à 1,2 km en aval de la cascade de Coo, presque tous les hotus (7 sur 8) remontent jusqu'au pied de la cascade et l'un de ceux-ci fait même une courte incursion dans le canal de fuite de la CHE (fig. 10). Un seul des 8 hotus radio-marqués reste à proximité de l'endroit de relâcher.



Figure 10. Habitat de coulée profonde à la limite entre l'écoulement de l'Amblève depuis la cascade de Coo et le canal de restitution de l'eau turbinée par la CHE. Cet habitat est particulièrement attractif pour les hotus (mais aussi pour les barbeaux) au pied de la cascade.



Figure 11. Carte des zones préférentiellement occupées par les hotus adultes radio-pistés dans l'Amblève entre la cascade de Coo et le barrage de Lorcé au printemps 2011 (source : Hanzen, 2011).

*Pendant la période de reproduction entre le 17 mars et le 5 avril, tous les hotus, à l'exception d'un seul qui reste stable, effectuent une migration vers l'aval jusqu'à une distance maximale de 3,5 à 17 km. Les habitats occupés préférentiellement apparaissent sur la fig. 11. Lors de ces dévalaisons de hotus radio-marqués, des femelles croisent des mâles dans certains habitats et il est possible que des pontes aient pu avoir eu lieu, comme l'atteste la capture automnale

de jeunes de l'année sur ces frayères potentielles. Mais il reste à vérifier par des études génétiques si ces reproductions ont impliqué seulement les poissons radio-marqués ou d'autres géniteurs présents dans le tronçon de l'Amblève concerné.

* Après la reproduction, les hotus tendent à se stabiliser dans le secteur de rivière le plus à l'aval atteint (cas de 3 hotus) ou à remonter un peu en direction de la cascade (cas de 5 hotus) avec dans 2 cas positionnement au pied de celle-ci.

Concernant le hotu, il est intéressant de rappeler l'observation faite en début 2008 lors de la première année de piégeage des poissons remontant dans l'échelle à poissons du barrage de Lorcé mise en fonction en octobre 2007 (Ovidio et al., 2009). Ainsi, un hotu femelle de 50 cm-1,797 kg intercepté en migration de remontée dans l'échelle de Lorcé le 4 avril 2008 puis équipé d'un émetteur radio et relâché en amont du barrage a poursuivi son déplacement sur une distance de près de 17 km jusqu'au pied de la cascade de Coo (fig. 12). C'est exactement ce comportement que l'on a retrouvé chez les hotus artificiellement déplacés en début 2011, ce qui valide a posteriori le bien fondé de la démarche expérimentale de 'translocation' pour tester le comportement de poissons confrontés à cet obstacle.

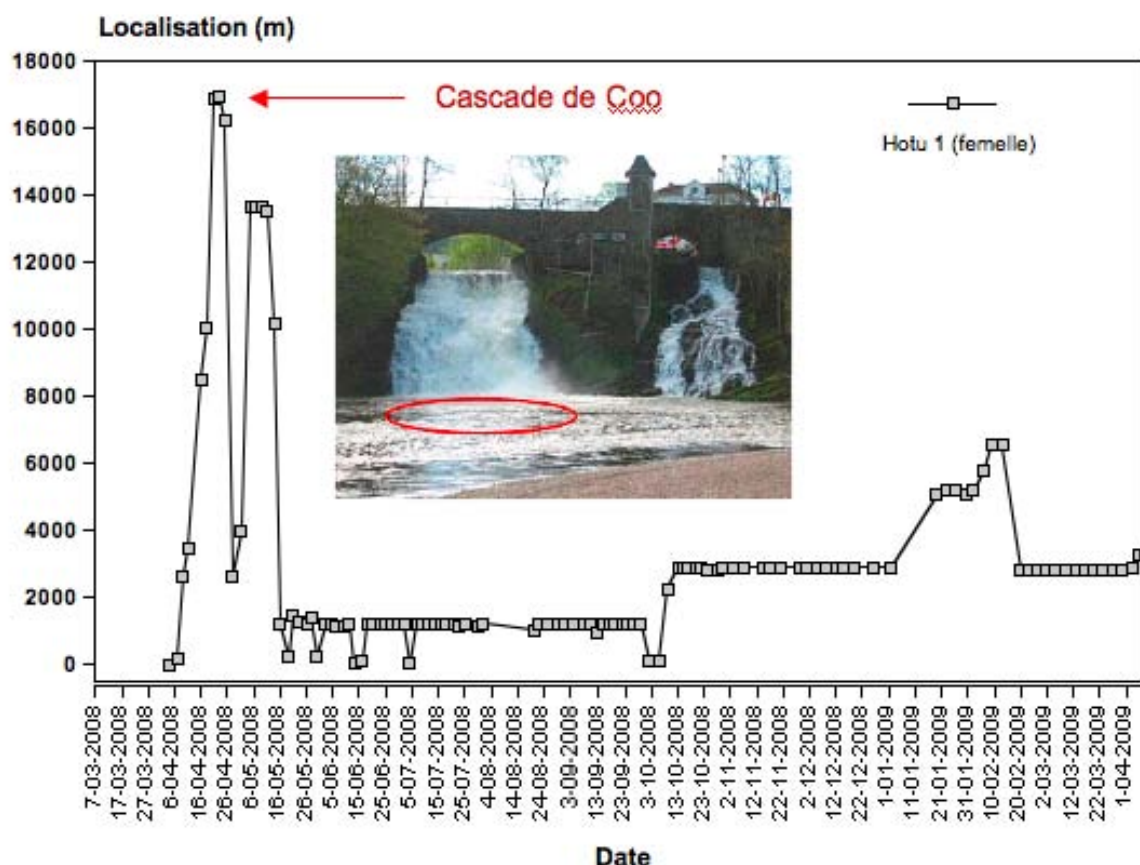


Figure 12. Comportement migratoire d'un hotu femelle de 50 cm radio-marqué le 4 avril 2008 dans l'échelle à poissons du barrage hydroélectrique de Lorcé et qui a poursuivi sa migration vers l'amont en atteignant le pied de la cascade de Coo (+ 17 km) du 21 au 24 avril (Ovidio et al., 2009).

Barbeau fluviatile

L'étude a porté sur 4 barbeaux (3 femelles et 1 mâle) de 48-55 cm capturés par pêche à l'électricité le 3 mars 2011 à la station de Hé de Goreux à proximité de la restitution de l'eau turbinée par la centrale alimentée par la conduite forcée venant du barrage de Lorcé. Après radio-marquage, ces poissons ont été artificiellement déplacés vers l'amont (= simulation d'une remontée naturelle sur une distance de 17 km depuis la sortie de l'échelle à poissons de Lorcé) et remis à l'eau à 1,110 km de la cascade de Coo. Deux autres barbeaux femelles ont été capturés le 30 mars 2011 directement en aval de la cascade de Coo et relâchés, après radio-marquage, à l'endroit de leur capture. Un radio-pistage intensif a été entrepris de début mars à début juillet 2011 pour encadrer la période de reproduction.

Les deux barbeaux capturés à proximité de la cascade effectuent de courts déplacements dans les limites d'un secteur d'une centaine de mètres près de leur zone de capture-remise à l'eau où ils semblent trouver des habitats de ponte. Certains déplacements correspondent à un positionnement dans la partie proche de l'Amblève du canal de fuite de la CHE.

Chez les quatre barbeaux 'artificiellement déplacés' relâchés 1,1 km en aval de la cascade, on observe des mouvements le plus souvent de va-et-vient entre le pied de la cascade et des zones situées à l'aval (jusqu'à un maximum d'environ - 8 km), avec passage dans des habitats potentiels de reproduction. Aucun de ces barbeaux 'déplacés' n'est entré dans le canal de fuite de la CHE.

Il faut rappeler que lors des études par radio-pistage du comportement de barbeaux interceptés dans la nouvelle passe migratoire de Lorcé puis relâchés en amont du barrage, on a observé (Ovidio et al., 2009) d'importants **mouvements** vers des frayères situées dans l'Amblève à l'amont mais aucun poisson n'a atteint la cascade de Coo, contrairement à ce qui s'est passé avec un hotu.

(c) Perspectives pour le rétablissement de la remontée des poissons à la cascade de Coo

Dans l'état actuel d'avancement de l'étude ULg du comportement de mobilité de poissons adultes radio-pistés dans l'Amblève en aval de la cascade de Coo, il apparaît clairement que celle-ci constitue bien un obstacle à la remontée d'espèces mues par une forte tendance migratoire comme le hotu et le barbeau. Dans les conditions actuelles, cet effet se marque surtout quand on considère des poissons adultes venant de l'aval (remontée après passage dans l'échelle de Lorcé comme dans le cas d'un hotu en 2008 ou translocation expérimentale comme en début 2011) et n'ayant pas encore eu la possibilité de s'adapter comportementalement à la présence d'un obstacle infranchissable.

Confrontées à l'impossibilité physique de migrer vers l'amont au moment de la reproduction, ces espèces de Cyprinidés rhéophiles, comme par ailleurs la truite commune et sans doute l'ombre parmi les Salmonidés, adaptent à court terme leur comportement en migrant vers l'aval à la recherche de frayères adéquates dans le cours principal de l'Amblève et dans le cours inférieur de ses affluents. Mais en présence d'un ouvrage de franchissement efficace à la cascade de Coo, une certaine proportion de ces grands poissons rhéophiles coloniseraient l'Amblève en amont de l'obstacle puis se reproduiraient et permettraient le rétablissement d'une connexion fonctionnelle entre les différents secteurs hydroécologiques de la rivière. Le même phénomène devrait concerner aussi d'autres cyprinidés rhéophiles comme la vandoise, l'ablette spiralin et le vairon, sans oublier le cas des migrateurs obligatoires comme le saumon

atlantique (dont on doit viser le retour dans la Salm et l'Amblève de Stavelot) et l'anguille européenne qui va bénéficier dans les prochaines années des actions de repeuplement de restauration en civelles dans tout le sous-bassin.

Maintenant qu'est scientifiquement confirmée la nécessité de rétablir la libre remontée des poissons (et de quelles espèces) à la cascade de Coo, il reste à mettre en œuvre les moyens techniques pour y arriver, ce qui n'est pas simple vu la hauteur de la chute (10 m) et la configuration des lieux. A première vue, deux types d'ouvrages de franchissement pourraient convenir : une passe à bassins développée en rive droite de l'Amblève (fig. 13) ou un ascenseur à poissons plus compact à placer à un endroit non encore identifié. Ce choix technologique nécessite la réalisation d'études et expertises complémentaires qui incombent à la société Electrabel bénéficiaire du renouvellement du permis des CHE de Coo (Coo-pompage et Coo-dérivation) à la condition d'équiper le site avec les échelles à poissons appropriées. On suivra donc avec attention l'évolution de ce dossier dans lequel l'Université de Liège devrait continuer à faire valoir son expertise.



Figure 13. Berge en rive droite de l'Amblève à l'aval de la cascade de Coo qui pourrait convenir pour l'installation d'une passe à poissons à bassins.

5.1.2.3. Perturbation de la dévalaison des poissons

(a) Entraînement des poissons dévalants dans le canal de prise d'eau

Le débit maximum d'eau dérivé de l'Amblève vers les turbines s'élève à $6 \text{ m}^3/\text{s}$ et représente en moyenne 40 % du débit moyen interannuel de l'Amblève à Coo qui est de $15,18 \text{ m}^3/\text{s}$ pour la période 1999-2009. Toutefois ce pourcentage est théoriquement plus élevé les mois présentant une faible hydraulicité, c'est-à-dire de mai à octobre. Mais il faut tenir compte de la possibilité de turbiner des débits nettement inférieurs à $6 \text{ m}^3/\text{s}$, jusqu'à $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Pour affiner cette analyse il faudrait disposer d'informations sur les débits effectivement turbinés au cours de l'année.

Dans une rivière comme l'Amblève, des dévalaisons de poissons ont lieu à tous les moments de l'année et concernent un grand nombre d'espèces comme le révèlent les piégeages effectués dans l'Ourthe à Méry en 2007 - début 2008 (tabl. 4). Mais toutes les espèces n'ont pas la même abondance ni la même importance écologique.

Tableau 4. Bilan des captures des poissons dans les pièges de dévalaison de la centrale hydroélectrique Mérytherm sur la basse Ourthe en mars-mai 2007, fin septembre-début décembre 2007 et avril-mai 2008.

Espèce	Printemps 2007 14/03-25/05 (72 j)	Automne 2007 24/09-03/12 (50 j)	Printemps 2008 11/04-30/05 (50 j)	N total
Saumon	671	9	35	715
Truite commune	230	4	164	398
Truite arc-en-ciel	-	-	13	13
Ombre	2	1	-	4
Barbeau	1	4	7	12
Hotu	1	12	6	19
Chevaine	13	-	17	30
Vandoise	3	4	3	10
Spirilin	-	4	-	4
Vairon	1	-	2	3
Goujon	1	4	-	5
Ablette commune	-	30	-	30
Gardon	10	125	23	158
Rotengle	-	100	-	100
Brème commune	1	3	-	4
Brème bordelière	-	1	-	1
Brème x gardon	1	-	-	1
Carassin	-	1	-	1
Gibèle	1	1	-	2
Carpe	3	-	3	6
Tanche	-	-	7	7
Perche	2	4	6	12
Brochet	3	-	6	13
Sandre	-	1	-	1
Loche franche	3	-	2	5
Chabot	4	1	-	5
Petite lamproie *	-	1	-	1
Anguille européenne*	-	2	-	2
Total	951	316	295	1 561

- capture au moyen de nasses placées devant la grille de prise d'eau

Smolts de Salmonidés

Dans l'état actuel du peuplement de poissons dans le bassin de l'Amblève en amont de Coö, ces dévalaisons devraient atteindre leur intensité maximale en avril-mai sous la forme de smolts de Salmonidés, truite commune sauvage et surtout saumon atlantique réintroduits. A cette époque de l'année, les conditions de débit sont en moyenne telles (15,5 m³/s en mai et 9,7 m³/s en avril ; période 1999-2009 d'après SETHY) qu'un prélèvement d'eau continu maximum de 6 m³/s vers la CHE laisse encore un débit substantiel s'écouler sur la cascade, ce qui favorise l'échappement des poissons dévalants .

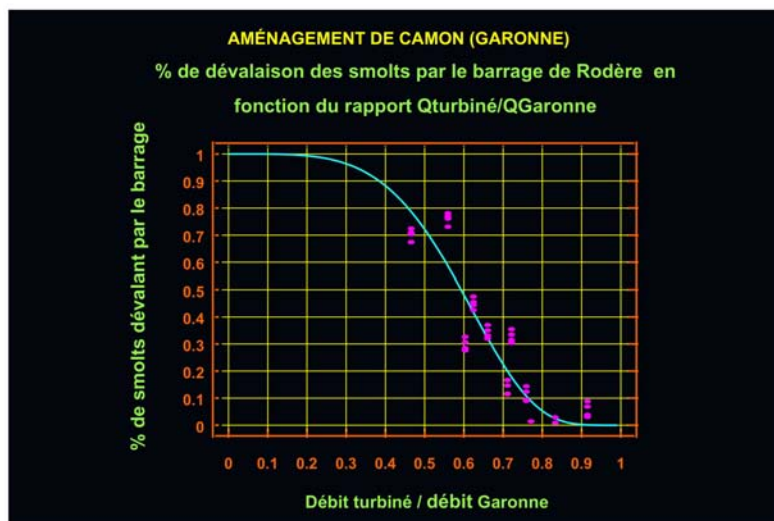


Figure 14. Pourcentage de smolts dévalants par le barrage de Rodère sur la Garonne (module : 52 m³/s) en fonction du rapport débit turbiné/débit rivière (source : M. Larinier d'après Croze et Larinier, 1999) (Voir Rapport FP Philippart et al., 2010).

Pour les smolts de saumon, l'application de la relation (fig. 14) qui donne le pourcentage d'échappement en fonction du rapport débit turbiné-TU/débit de la rivière-Q au moment de la dévalaison en avril-mai, soit $TU = 6 \text{ m}^3/\text{s}$ / $Q = 12,3 \text{ m}^3/\text{s}$ (moyenne interannuelle 1999-2009) atteint 0,49, ce qui correspond à un échappement théorique de 70 %. Des situations plus critiques se retrouvent toutefois toutes les années particulièrement sèches en avril-mai comme par exemple 2007 (5,84 m³/s) où l'on aurait un entraînement de 100 % si l'intensité du turbinage n'était pas réduite pour assurer un écoulement minimum par la cascade de Coo.

Anguilles argentées

Le problème de la protection de la dévalaison des anguilles argentées ne se pose pas actuellement de manière cruciale dans l'Amblève en amont de Coo en raison de deux facteurs : i) le stock de ces poissons y est actuellement faible à cause de la rareté du recrutement naturel des jeunes anguilles sauvages (anguilles jaunes) remontant de l'Océan via la Meuse et l'Ourthe mais bloquées dans leur migration par de nombreux obstacles dont la cascade de Coo et ii) il n'y a pas de programme de repeuplement de cette partie de l'Amblève en jeunes anguilles (civelles ou anguillettes), mis à part quelques déversements dans les lacs de Bütgenbach et Robertville ; Philippart et al., 2010 Rapport FP) et une expérience de translocation en amont de Coo en 2000 d'un lot de 2520 anguilles sauvages de 15-79 cm capturées dans une échelle de Lixhe sur la Meuse (Philippart, 2000).

La mise en œuvre du Plan de Gestion de l'Anguille en Wallonie, conformément à la Décision de septembre 2007 de l'Union Européenne, va entraîner une intensification du programme de repeuplement en civelles dans toute l'Amblève et contribuer dans une dizaine d'années à un accroissement du stock potentiel d'anguilles argentées dévalantes à Coo.

Pour ces anguilles argentées, l'application à la CHE Coo-Dérivation de la formule qui donne le pourcentage d'échappement en fonction du débit nominal turbiné ($6 \text{ m}^3/\text{s}$) en % du module ($15,18 \text{ m}^3/\text{s}$), soit 39,5 % (fig. 15). Au-dessus : prise d'eau protégée par une grille horizontale noyée à barreaux espacés de 40 mm et équipée d'un dégrilleur qui rejette les débris dans le canal de fuite. En-dessous : écoulement par débordement vers le canal de fuite d'une partie du débit de l'Amblève déviée dans le canal de prise d'eau. La turbine de type Kaplan vertical se trouve à une profondeur de 7 m sous le niveau de l'eau dans le puits en béton au centre de l'image (source: Electrabel, 2002).

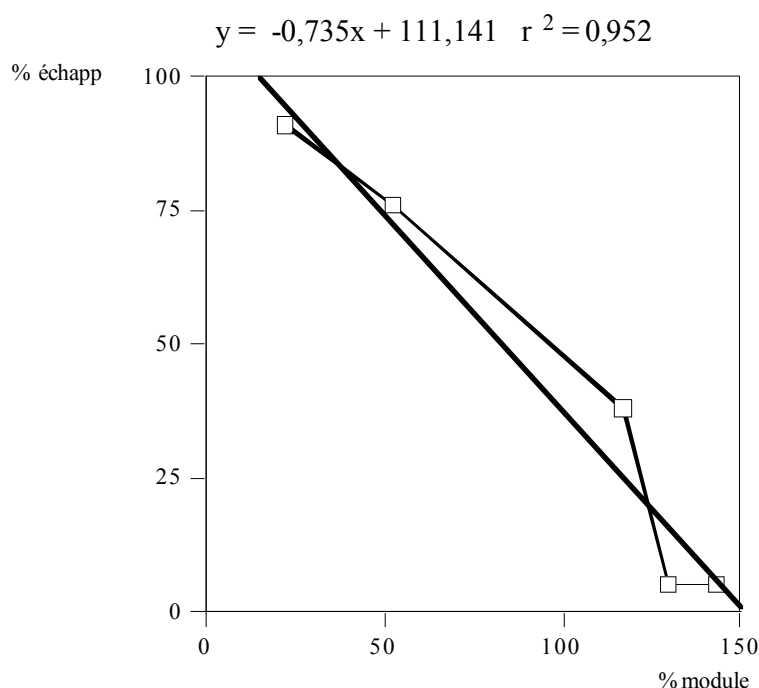


Figure 15. Droite de régression entre le pourcentage d'anguilles qui passent naturellement par les déversoirs (% d'échappement) en fonction du débit turbiné exprimé en pourcentage du module sur 5 sites hydroélectriques du Gave de Pau (module = $77 \text{ m}^3/\text{s}$) (source : M. Larinier ; Travade (2007)).

(b) Devenir des poissons concentrés au fond du canal de prise d'eau et passant ou non dans la turbine

L'aspiration de l'eau vers la turbine se fait en profondeur au niveau d'une grille à barreaux espacés de 40 mm. Une telle prise d'eau de fond est certainement susceptible de protéger les smolts de salmonidés qui ont tendance à nager en surface. En revanche, elle est dangereuse pour les anguilles argentées qui ont tendance à nager sur le fond et qui ne manqueront pas de passer à travers les barreaux de la grille beaucoup trop espacés par rapport à ce qui est recommandé (idéalement 15 mm).



Figure 16. Au-dessus : prise d'eau protégée par une grille horizontale noyée à barreaux espacés de 40 mm et équipée d'un dégrilleur qui rejette les débris dans le canal de fuite. En-dessous : écoulement par débordement vers le canal de fuite d'une partie du débit de l'Amblève déviée dans le canal de prise d'eau. La turbine de type Kaplan vertical se trouve à une profondeur de 7 m sous le niveau de l'eau dans le puits en béton au centre de l'image (source: Electrabel, 2002).

Les poissons qui passent à travers les barreaux de grilles puis dans la turbine risquent de subir une très grande mortalité résultant de la grandeur de la turbine (Kaplan à 4 pales variables d'environ 1 m de diamètre) et surtout de sa vitesse de rotation (331 t/min). Sur la base d'une étude réalisée en France (fig. 17), les anguilles argentées passant dans la turbine de Coo-Dérivation pourraient subir une mortalité proche de 90 %.

Vitesse de rotation (trs/min)	[80-100[[100-200[[200-300[[300-400[Total
Effectif	6	13	6	4	29
Moyenne du taux de mortalité	17.9	34.9	58.5	87.2	43.5

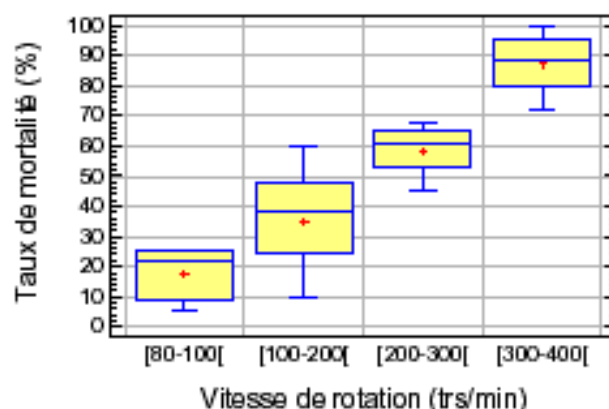


Figure 17. Relation entre le taux de mortalité des anguilles lors de leur passage dans une turbine Kaplan-hélice et la vitesse de rotation de la roue (Gomes et Larinier, 2008).

Les poissons bloqués devant la prise d'eau mais qui ne passent pas dans la turbine peuvent connaître plusieurs sorts :

- dans le cas de toutes les espèces mais surtout des smolts de salmonidés, ils sont entraînés dans l'écoulement par surverse vers le canal de fuite de la CHE, notamment lors des hausses de débit ;
- dans le cas des anguilles argentées, ils passent par l'écoulement qui se fait sous les vannes de fond lorsque celles-ci sont activées au moment d'une hausse de débit ou en toute autre circonstance. La dynamique de dévalaison des anguilles est telle que ces poissons peuvent s'accumuler pendant un certain temps en amont d'un obstacle physique en attendant des conditions hydrauliques favorables pour dévaler.
- il existe une possibilité que certains poissons, notamment les anguilles, effectuent un mouvement de remontée dans le canal de prise d'eau relativement court et regagnent le cours principal de l'Amblève en amont de la cascade pour ensuite dévaler par celle-ci.

Dans le projet ULG-FEP-DCENN/SPW 2011-2013, des études sont prévues pour mieux connaître certains de ces comportements des poissons dévalants.

(c) Aménagement d'exutoires de dévalaison spécifiques

Pour permettre la dévalaison efficace des smolts de Salmonidés au barrage de la petite CHE de Coo-Dérivation, il faudra certainement envisager d'y construire une passe de dévalaison de surface selon les critères reconnus par les experts en la matière, en prévoyant notamment un

débit d'alimentation suffisant (2-10 % du débit turbiné) et une conception hydraulique optimale de l'ouvrage (Larinier et al., 1994, Larinier et Travade, 2009, Travade, 2007). La figure 18 illustre un exemple d'ouvrage de dévalaison aménagé au niveau d'un plan d'eau de barrage.



Figure 18. Exemple d'une passe migratoire de dévalaison des smolts de Salmonidés aménagée sur un barrage de retenue hydroélectrique (Poutes) sur la Haute Loire en France (source : LOGRAMI).

Pour permettre la dévalaison des anguilles argentées, il faudra idéalement prévoir une passe de dévalaison de fond sans exclure la possibilité d'une utilisation par ces anguilles de l'exutoire de dévalaison de surface destiné principalement aux smolts de salmonidés.

5.1.2.4. Autres mesures de protection des poissons à prévoir sur le site de Coo

(a) Attraction de poissons dans le canal de fuite de la CHE

Les études télémétriques précédemment relatées indiquent que parmi une quinzaine d'individus (truite commune, hotu et barbeau) radio-pistés en 2010-2011, seuls quelques-uns (3) séjournent temporairement dans la partie aval du canal de fuite. Celui-ci ne semble pas exercer une attraction parasite excessive sur les poissons rhéophiles en migration de remontée. Mais des études de ce type devront être répétées ultérieurement avec des saumons atlantiques adultes.

(b) Passage de la cascade par des poissons en dévalaison

Par sa hauteur et sa rugosité, la cascade de Coo apparaît comme un obstacle dont le franchissement par des poissons dévalants pourrait s'accompagner de blessures et écaillages par abrasion. On ignore tout de cette forme de perturbation des poissons qui est surtout liée à l'existence même de la cascade mais qui pourrait être accentuée par les activités hydro-électriques sur le site puisque celles-ci ont fait de la cascade un passage obligé pour un grand nombre de poissons qui, avant, avaient la possibilité de migrer par le grand méandre.

(c) Facilitation de la dévalaison des reproducteurs ayant remonté la cascade par un futur ouvrage de franchissement

Une plus ou moins grande proportion des poissons adultes reproducteurs qui auront remonté la cascade de Coo en utilisant un ouvrage de franchissement à construire seront (en tout cas les survivants) amenés à effectuer une migration de dévalaison post-reproduction en passant par la cascade (avec les risques inhérents de blessure précédemment évoqués) ou en étant entraînés dans la prise d'eau hydro-électrique. Par une étude appropriée (télémétrie, piégeage) il faudra déterminer l'importance quantitative du phénomène et caractériser l'utilisation des différentes voies de passage selon les conditions de débit. S'il apparaît qu'un nombre substantiel de poissons de grande valeur écologique sont concernés, il faudra prévoir des passes de dévalaison appropriées.

5.1.3. Conclusions et perspectives

Avec les CHE de Coo-Pompape et de Coo-Dérivation, le site de Coo sur l'Amblève accueille le plus important (environ 1 500 MW) complexe de production d'hydroélectricité en Belgique. Ce site fournit aussi l'exemple d'un aménagement hydraulique d'une rivière qui a entraîné un blocage total des possibilités de libre circulation des poissons migrateurs en remontée à cause de la présence simultanée de l'obstacle ancien de la cascade de Coo et de l'obstacle plus récent (1970) du bassin inférieur de Coo construit à l'emplacement de ce qui était le méandre du Tour de Coo.

Cette situation de perturbation hydro-écologique majeure de l'Amblève se manifeste à un moment où, après des décennies de grave pollution industrielle apportée par la Warche (tanneries de Malmedy ; cf Mouvet, 1980) (fig. 19), la rivière a enfin retrouvé une bonne qualité biologique d'eau (tabl. 4), base indispensable à une restauration écologique totale de l'écosystème. Mais cette possibilité est actuellement contrecarrée par les problèmes de libre circulation des poissons, non seulement à la remontée mais aussi à la dévalaison, à cause des risques de mortalité des poissons lors de la descente de la cascade de Coo et de leur entraînement forcé dans la prise d'eau de la CHE de Coo-Dérivation.



Figure 19. Vue de la cascade de Coo à l'époque (date indéterminée ; probablement années 1980) de la grave pollution industrielle par les tanneries de Malmedy via la Warche (source de la photo : CRA).

Tableau 4. Aperçu de l'évolution de 1990 à 2002 de la qualité biologique de l'eau dans le sous-bassin de l'Amblève d'après la composition de la faune des invertébrés benthiques (Indices biotiques).

Rivière	Station	N°	IBG			Qualité IBG 2000-2002
			1990 - 1996	1997 - 1999	2000 - 2002	
Amblève	Ondenval	4380	15-B	17-TB	19-TB	très bonne
	Ligneuville	4388	14-B	16-B	16-B	bonne
	Aval Warche	4389	10-M	15-B	12-M	moyenne
	Stavelot	4390	6-ME	15-B	14-B	bonne
	Coo	4400	10-M	15-B	16-B	bonne
	Lorcé amont Lienne	4410	12-M	15-B	19-TB	excellente
	Nonceveux aval	4425	13-B	15-B	16-B	bonne
	Comblain-au-Pont	4429	15-B	18-TB	16-B	bonne
Warche	Thioux	4482	3-MA	9-M	10-M	moyenne
Eau rouge	Stavelot	4009	17-TB	-	14-B	bonne
Salm	Trois-Ponts	14003	16-B	14-B	16-B	bonne
Lienne	Lorcé	15004	18-TB	17-TB	20-TB	très bonne

Données sur la qualité biologique de l'eau de l'Amblève et du cours inférieur de ses principaux affluents en 2000-2002, 1997-1999 et 1990-1996 (Vanden Bossche, 2005). IBG=Indice Biologique Global (cote sur 20). TB = très bonne ; B = bonne ; M = moyenne ; ME= médiocre ; MA = mauvaise.

Le renouvellement récent du permis d'exploiter la CHE de Coo-Pompage a conduit le Service Public de Wallonie à imposer à l'exploitant industriel de réaliser les aménagements appropriés pour assurer la protection des poissons migrateurs. Une première série d'études piscicoles détaillées du site de Coo seront réalisées à l'occasion du projet FEP-SPW-ULG 2010-2013 précédemment évoqué et dont on suivra avec l'attention l'exécution et les développements.

A travers la Commission de Liège du Fonds Piscicole, le Contrat de Rivière de l'Amblève et la future Commission de Gestion piscicole du sous-bassin de l'Amblève, les groupements de pêcheurs doivent particulièrement se mobiliser autour de ce projet 'Coo' qui est un maillon important d'une restauration écologique et piscicole globale de l'Amblève.

5. 2. La CHE (110 kW) de Stavelot-Bressaix

5.2.1. Caractéristiques techniques

5.2.1.1. Description générale du site

La CHE au fil de l'eau de Stavelot-Bressaix est située en rive droite de l'Amblève (fig. 1, 2), à l'extrémité d'un canal d'amenée qui prend naissance au niveau d'un seuil oblique.

Toute l'installation résulte de la rénovation à la fin des années 1990 par Electrabel d'un site de production hydro-électrique qui existait depuis 1920 sur une petite dérivation de l'Amblève.

A la station SETHY de Stavelot, le débit moyen interannuel est de 10,67 m³/s pour la période 1999-2009 et les moyennes mensuelles (m³/s) sont les suivantes avec la variabilité illustrée par la figure 3.

Janvier	18,82	Juillet	4,15
Février	19,57	Août	4,45
Mars	18,81	Septembre	7,42
Avril	9,97	Octobre	7,16
Mai	6,20	Novembre	11,78
Juin	3,93	Décembre	15,73

5.2.1.2. Prise d'eau et turbine

Le seuil de prise d'eau, long de 75 m pour une largeur d'environ 1,5 m (fig. 4) et en pente relativement douce, est pourvu d'une passe migratoire à bassins doublée d'une échancrure qui, ensemble, assurent l'écoulement d'un débit réservé de 0,9 m³/s dans un tronçon de rivière court-circuité de 630 m (fig. 4).

A l'extrémité aval du canal d'amenée long de 520 m, la prise d'eau vers la turbine est protégée par une grille subverticale à barreaux espacés de 30 mm (fig. 5). Les produits du dégrillage sont récupérés dans une goulotte alimentée en eau puis relargués en aval dans un canal (qui aboutit un peu en amont du pont route) aussi utilisé lors de la vidange du canal d'amenée grâce à une vanne située à droite de la grille. L'eau turbinée est restituée à la rivière par un court canal de fuite.

La production d'hydro-électricité est assurée par une turbine Francis à axe vertical qui est alimentée avec un débit de 6 m³/s (presque en continu s'il y a suffisamment d'eau) sous une chute de 2,4 m et pour une puissance nominale de 110 kW. La vitesse de rotation est très élevée : 1000 t/min.



Figure 1. Cartes de situation de la centrale hydro-électrique de Stavelot-Bressaix sur l'Amblève (coordonnées : 261.269,121.475).

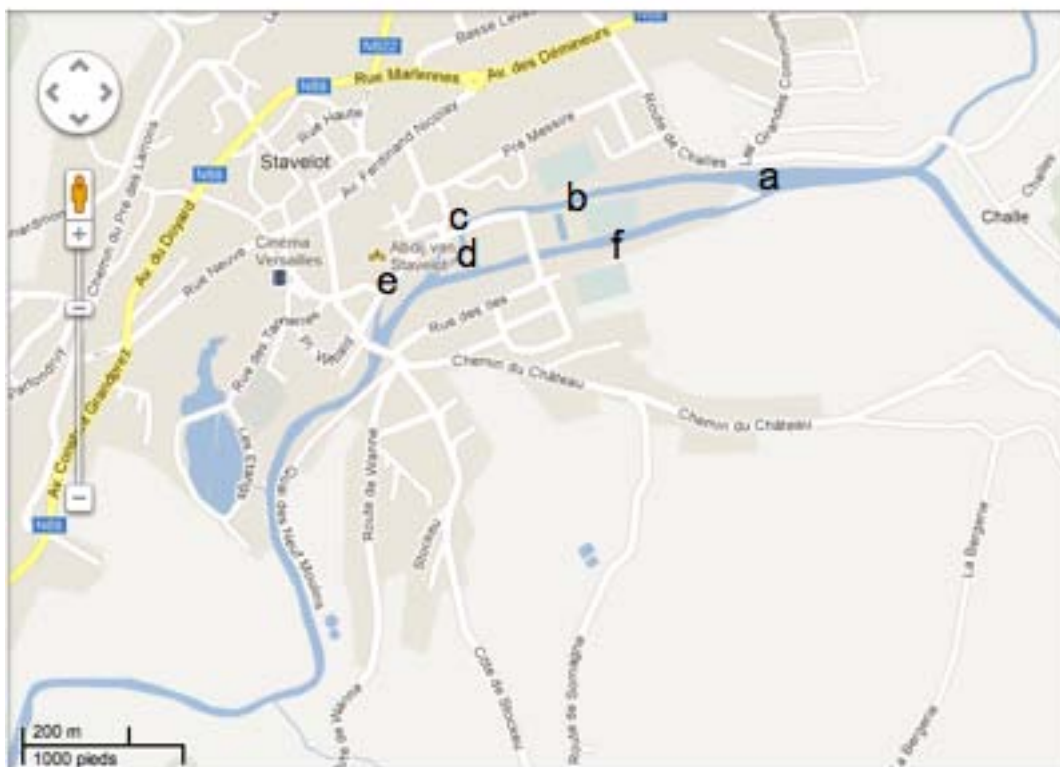


Figure 2. Plan du site de la CHE de Stavelot-Bressaix montrant la localisation des principaux éléments cités dans le texte. a = barrage de prise d'eau avec échelle à poissons à bassins ; b = canal d'amenée ; c = grille et dégrilleur ; d = canal de fuite restituant l'eau turbinée à la rivière ; e = canal d'évacuation des déchets dégrillés et de vidange du canal d'amenée ; f = cours naturel court-circuité de l'Amblève.

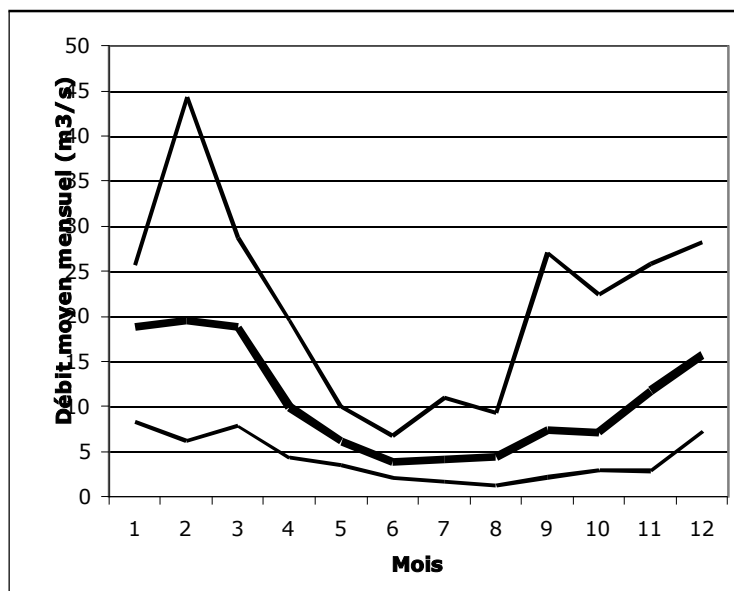


Figure 3. Régime moyen des débits mensuels de l'Amblève à Stavelot (station limnimétrique SETHY) pour la période 1999-2009. La courbe en trait gras représente la moyenne générale des moyennes mensuelles et les courbes en trait fin représentent les valeurs minimales et maximales de ces moyennes mensuelles.

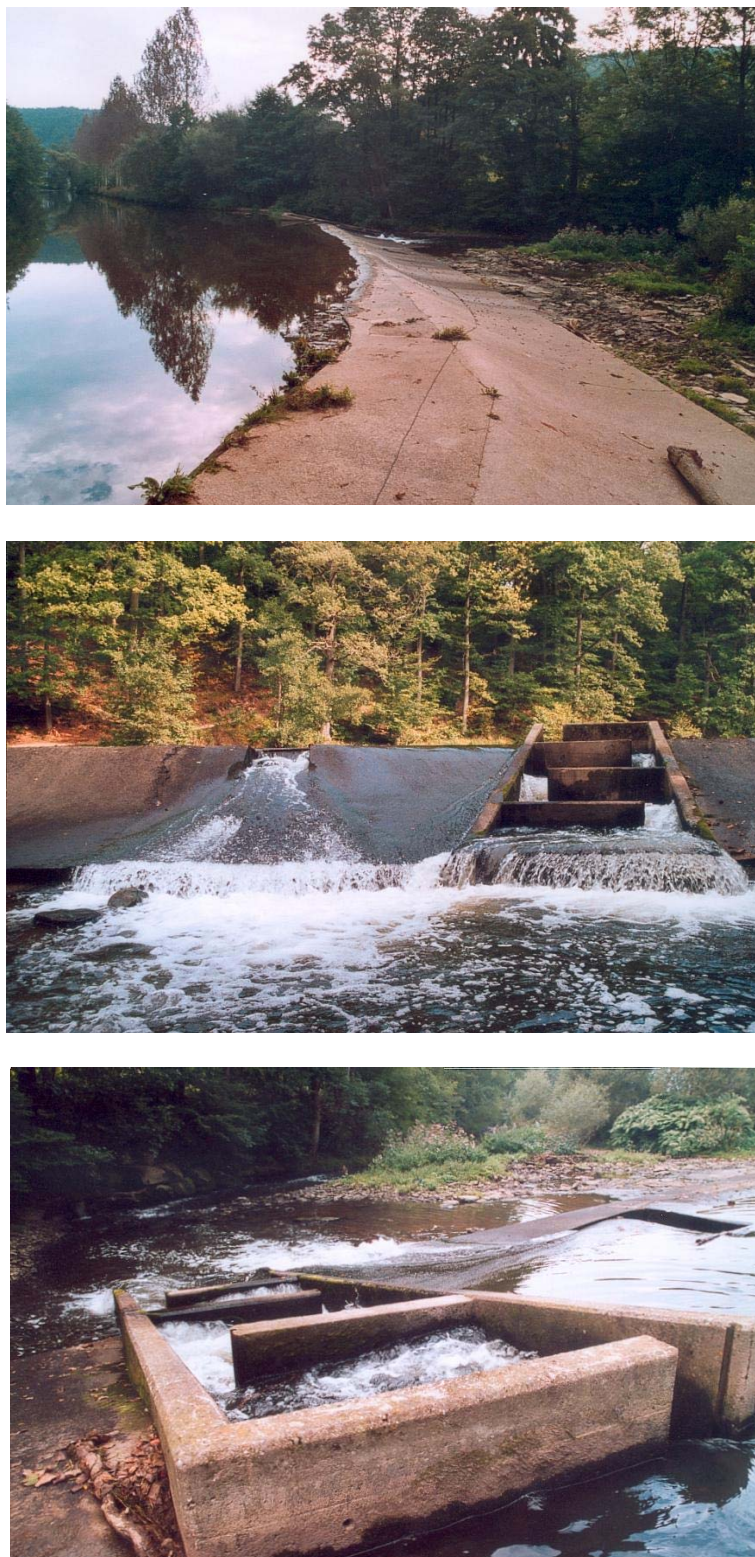


Figure 4. Le seuil de prise d'eau (au-dessus) équipé en rive gauche d'une échelle à poissons à bassins et d'une échancrure (au-milieu) destinée à permettre l'écoulement d'un débit réservé de $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ dans le tronçon de rivière court-circuité de 630 m (en-dessous).



Figure 5. Le canal d'amenée de 520 m (au-dessus), la grille à barreaux espacés de 30 mm pourvue d'un dégrilleur et avec à sa droite une vanne de vidange du bief (au-milieu) et la petite goulotte d'évacuation des déchets de dégrillage qui se jette dans le canal de vidange du bief (en-dessous ; photo CRA).

5.2.2. Analyse des impacts de l'aménagement hydroélectrique sur les poissons

5.2.2.1. Faune des poissons concernés dans l'Amblève à Stavelot

(a) En aval du barrage de Bressaix (alimentation de la montaison)

Les résultats des pêches électriques effectuées en 2003-2005 dans l'Amblève entre la cascade de Coö et Stavelot (tabl. 1) indiquent les caractéristiques du peuplement en poissons dans une situation correspondant à une assez bonne qualité biologique de l'eau depuis l'arrêt vers le milieu des années 1990 de la grave pollution industrielle par la tannerie de Malmédy.

Tableau 1. Composition de la faune des poissons dans l'Amblève entre la cascade de Coö et le barrage-seuil de Bressaix-Stavelot d'après les résultats de pêches à l'électricité effectuées par l'ULg et le SP de 2003 à 2005.

Espèces	06/09/05		05/04/03		23/08/05	
	Bressaix 100x7,30m 730 m ² 1 passage source 6		Petit Spay 147 x 22,1 m 3248 m ² 2 passages source 5		Faravenne camping 115 x 22 m 3300 m ² 2 passages source 4	
	N	Kg	N	Kg	N	Kg
Truite commune	57	7,040	11	1,569	49	5,176
Ombre commune	1	0,042	1	0,054	11	0,268
Barbeau fluviatile	-	-	-	(+)	2	0,032
Chevaine	-	-	-	(+)	7	0,010
Vairon	692	1,937	141	0,410	260	1,443
Goujon	-	-	1	0,027	2	0,079
Epinoche	3	0,006	2	0,002	3	0,001
Loche franche	26	0,256	48	0,412	67	0,712
Chabot	138	0,969	351	1,647	399	4,491
Petite lamproie	-	-	1	0,001	1	0,005
Total	917	10,250	556	4,122	801	12,217
Biomasse (kg/ha)	140,4		12,7		37,021	
Nbre d'espèces	6		8		10	

Source 4 : dénombrement complet du peuplement dans le cadre de l'étude d'incidence du renouvellement du permis des CHE Electrabel de Coö-pompage et Coö-dérivation.

Source 5 : dénombrement réalisé par le Service de la Pêche (SEP-PE 03-005)

Source 6 : sondage rapide dans le cadre du programme FISHGUARD (Blust et al., 2006) pour caractériser le blocage des poissons par le seuil de Bressaix et pour échantillonner des truites communes et des chabots en vue d'études génétiques.

On est dans une zone à ombre (pente moyenne passant 4,4 p/1000 à l'amont de Stavelot ville à 3,2p/1000 en aval) et la communauté est dominée en biomasse par les Salmonidés représentés par la truite commune et l'ombre commun. On trouve aussi les espèces de petite taille (chabot, loche franche et vairon) qui accompagnent habituellement les Salmonidés. En revanche, les cyprins d'eau rapide sont logiquement rares (eau trop froide) et même totalement absents de la station de Stavelot-Bressaix la plus en amont et la plus salmonicole.

Dans l'interprétation de ces résultats, il faut tenir compte du fait que la partie de l'Amblève concernée n'abrite probablement pas la communauté de poissons de référence. Une des causes de cela est que la recolonisation post - pollution industrielle du milieu n'a pas encore pu se faire à partir du réservoir de population présent en aval de la cascade de Coo infranchissable, voire du barrage de Lorcé devenu perméable seulement depuis fin 2007. Cette situation pourrait concerner la vandoise, le hotu, le barbeau, l'ablette spiralin ainsi que l'anguille européenne, sans que ces espèces puissent former des populations aussi abondantes qu'en aval de Coo.

Au sujet de l'évolution possible de la faune des poissons dans l'Amblève en amont de la cascade de Coo, nous, pouvons reprendre les considérations déjà émises au point 5.1.2.1 (b) relatif à l'Amblève à Coo :

'L'aménagement programmé d'une passe migratoire à la cascade de Coo devrait contribuer au rétablissement démographique progressif de ces espèces migratrices présentes en aval dans la partie du cours d'eau concerné. A plus brève échéance, une accélération du processus pourrait même être obtenu grâce à des translocations de poissons reproducteurs capturés en aval de la cascade et remis en amont (ablette spiralin, vandoise, hotu comme réalisé en 2010-2011 dans l'Amblève entre l'aval et l'amont de Lorcé pour les études télémétriques) ou à des repeuplements directs de reconstitution comme cela vient d'être pratiqué par le Service de la Pêche en avril 2011 avec des civelles importées de Grande-Bretagne et relâchées dans plusieurs stations de l'Amblève, en application en Wallonie du Plan de Gestion de l'Anguille pour la Belgique (voir Vlietinck et al., 2008)'

(b) En amont du barrage+CHE de Bressaix (alimentation de la dévalaison)

Il n'existe à notre connaissance aucun résultat récent de pêche à l'électricité dans l'Amblève en amont du barrage de Bressaix jusqu'à la confluence de la Warche à Thiou, à une distance d'environ 5 km. La dernière donnée est le résultat d'une pêche électrique effectuée le 3 juillet 1995 à la passerelle de Stavelot-Challe dans le cadre de l'étude pour l'établissement d'un Indice Biotique Poissons en Wallonie (Didier, 1997). Dans cette station (BW 9513 de 4120 m²) située un peu en amont du barrage de Bressaix avaient été recensées 6 espèces représentées par de faibles effectifs : la petite lamproie (n=1), le chabot (n=3), la truite commune (n=7), le vairon (n=2) ainsi que le gardon (n=1) et la perche fluviatile (n=1), deux espèces probablement dévalées des lacs artificiels (Robertville, Butgenbach) et des étangs (Warchenne) de l'amont.

Sous réserve de vérification par des pêches de mise à jour, on peut considérer que le peuplement en poissons dans l'Amblève en amont du barrage de Bressaix est qualitativement le même qu'en aval où l'on dispose d'un bon recensement le 6 septembre 2005. Cela signifie un peuplement fortement salmonicole dominé par la truite commune comme poisson de grande valeur écologique et le chabot (+ la petite lamproie en moindre abondance) comme espèce patrimoniale Natura 2000.

Il faut noter l'absence de l'anguille affectée par la difficulté du recrutement naturel par migration de jeunes individus sauvages remontés de la Mer du Nord via la Meuse puis l'Ourthe (voir Philippart et al., 2009 : Rapport CPLFP Anguille). Mais la situation pourrait changer à l'avenir avec le développement d'actions de repeuplements en civelles comme celles réalisées par le Service de la Pêche du SPW en avril 2011 dans la basse et la moyenne Amblève jusqu'à la cascade de Coö.

Pour ce qui concerne le saumon atlantique, un premier repeuplement de réintroduction de juvéniles a eu lieu le 18 mai 2011 (petits tacons : $n=2000$ à la passerelle de Stavelot-Challe à l'amont de l'Eau rouge et $n=3000$ à la confluence Warche-Amblève à Thiou) et le 21 mai ($n=1000$ grands tacons de 11 cm à la Passerelle de Stavelot-Challe). On peut s'attendre à de bons résultats d'implantation de ces saumons comme cela a été observé le 30 novembre 2011 à la station de Stavelot Grand Pré (voir point 5.1.2.1). Les premières dévalaisons de smolts pourraient donc avoir lieu en début 2012.

5.2.2.2. Blocage des remontées des poissons à Stavelot-Bressaix

Il n'y a aucune possibilité de remontée des poissons au niveau de la centrale hydro-électrique de Bressaix. Mais le barrage est équipé d'une échelle à bassins à première vue bien conçue et positionnée et alimentée avec un débit qui paraît adéquat pour permettre la remontée des espèces les plus concernées de l'aval : la truite commune, l'ombre commun et le vairon ainsi que, dans un avenir plus lointain, l'anguille européenne et éventuellement l'ablette spiralin, la vandoise et le hotu lorsque sera perméabilisé l'obstacle majeur de la cascade de Coö.

Le problème qui se pose sur le site est toutefois peut-être moins le franchissement du barrage que le fait de pouvoir y accéder en passant le cours naturel de la rivière court-circuité sur 630 m par la prise d'eau hydro-électrique. Il peut en résulter à certaines périodes de l'année un débit trop faible qui devient critique pour les migrateurs, avec comme conséquence, la constitution d'une barrière hydraulique. Le fait qu'un certain débit réservé de $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ (8,4 % du module) est garanti dans le bras court-circuité est un élément qui réduit les risques de blocage hydraulique des poissons en remontée, d'autant plus que ceux-ci sont principalement des truites communes qui effectuent leur migration de reproduction en octobre-janvier quand les débits commencent à remonter. Mais on ne doit pas exclure l'impact négatif de forts étiages automnaux comme par exemple en 2011. De toute manière, il faudrait s'assurer du respect de cette condition de débit réservé et recalculer ce débit réservé à la lumière des nouveaux développements techniques et législatifs en la matière.

Nous estimons toutefois que c'est seulement lorsque l'aménagement prioritaire de la cascade de Coö sera terminé et que les études d'évaluation seront disponibles, qu'il pourrait être utile d'entreprendre sur le site de la CHE de Bressaix des études pour caractériser l'efficacité de l'ouvrage de franchissement du barrage de Bressaix ainsi que du débit réservé de $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$, en vue d'optimisations éventuelles.

5.2.2.3. Perturbation de la dévalaison des poissons

(a) Entraînement des poissons dévalants dans le canal d'amenée

L'orientation oblique du seuil du barrage par rapport à la berge droite place l'entrée du canal d'amenée à l'extrémité d'un entonnoir très favorable à l'entraînement des poissons vers la turbine en condition de bas débit quand le déversement par le barrage est nul ou faible.

Le débit maximum d'eau dérivé de l'Amblève vers la turbine s'élève à $6 \text{ m}^3/\text{s}$ et représente en moyenne 56 % du débit moyen interannuel de l'Amblève à Stavelot qui est de $10,7 \text{ m}^3/\text{s}$ pour la période 1999-2009. Toutefois ce pourcentage est théoriquement plus élevé les mois présentant une faible hydraulicité, c'est-à-dire de mai à octobre (fig. 3). Il faudrait obtenir des données techniques complémentaires sur : i) le régime de turbinage au cours de l'année en fonction du débit de la rivière et sur les possibilités (+ modalités) de faire fonctionner la turbine Francis avec des débits inférieurs à $6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Cas des smolts des Salmonidés en dévalaison

Dans une rivière Salmonicole comme l'Amblève à Stavelot, des dévalaisons de poissons, smolts de truite commune et, dans le futur, de saumon atlantique réintroduits, doivent être principalement attendus en avril-mai. A cette époque de l'année, les conditions de débit sont en moyenne telles ($9,97 \text{ m}^3/\text{s}$ en mai et $6,20 \text{ m}^3/\text{s}$ en avril ; période 1999-2009 d'après SETHY) qu'un prélèvement d'eau continu maximum de $6 \text{ m}^3/\text{s}$ vers la CHE ne laisse plus s'écouler au barrage (échelle à poissons+ échancrure pour débit réservé + débordement sur le seuil) qu'un débit assez faible surtout en mai, ce qui ne favorise guère l'échappement des poissons dévalants .

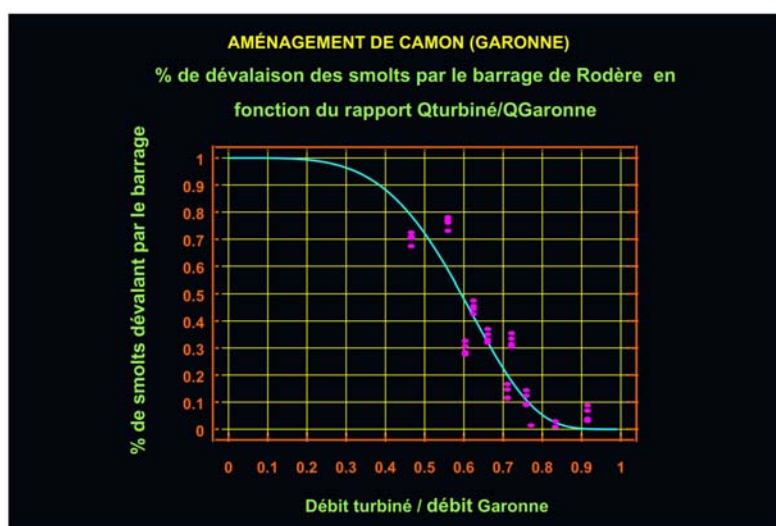


Figure 6. Pourcentage de smolts dévalants par le barrage de Rodère sur la Garonne (module : $52 \text{ m}^3/\text{s}$) en fonction du rapport débit turbiné/débit rivière (source : M. Larinier d'après Croze et Larinier, 1999) (Voir Philippart et al., 2010 : Rapport CPLFP).

Pour les smolts de saumon, l'application de la relation (fig. 6) qui donne le pourcentage d'échappement en fonction du rapport débit turbiné-TU/débit de la rivière-Q au moment de la dévalaison en avril-mai, soit $TU = 6 \text{ m}^3/\text{s} / Q = 8,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (moyenne interannuelle 1999-2009) atteint 0,74, ce qui correspond à un échappement théorique de 15 % qui signifie que presque tous les smolts sont entraînés dans le canal d'amenée vers la grille et la turbine. Des situations plus critiques devraient se retrouver toutefois toutes les années particulièrement sèches en avril-mai comme par exemple 2007 ($3,51 \text{ m}^3/\text{s}$) à moins que le turbinage soit ralenti ou arrêté par manque d'eau. Des informations complémentaires doivent être recherchées. De toute manière, il faut considérer ces chiffres comme des tendances et des ordres de grandeur car le contexte local est très éloigné de celui (haute Garonne) pour lequel le modèle de la fig. 6 a été élaboré.

Cas des anguilles argentées en dévalaison

Chez les anguilles argentées, le problème de la protection de la dévalaison ne se pose pas actuellement de manière cruciale dans l'Amblève en amont du barrage de Bressaix en raison de deux facteurs : i) le stock de ces poissons y est actuellement faible à cause de la rareté du recrutement naturel des jeunes anguilles sauvages (anguilles jaunes) remontant de l'Océan via la Meuse et l'Ourthe mais bloquées dans leur migration par de nombreux obstacles dont la cascade de Coo et ii) il n'y a pas de programme de repeuplement de cette partie de l'Amblève en jeunes anguilles (civelles ou anguilletes), mis à part quelques déversements dans les lacs de Bütgenbach et Robertville ; Philippart et al., 2010 Rapport FP) et une expérience de translocation en amont de Coo en 2000 d'un lot de 2520 anguilles sauvages de 15-79 cm capturées dans une échelle de Lixhe sur la Meuse (Philippart, 2000).

La mise en œuvre du Plan de Gestion de l'Anguille en Wallonie, conformément à la Décision de septembre 2007 de l'Union Européenne, va entraîner une intensification du programme de repeuplement en civelles dans toute l'Amblève et contribuer dans une dizaine d'années à un accroissement du stock potentiel d'anguilles argentées dévalantes dans cette rivière. Mais il n'apparaît pas très intéressant en termes de rendement écologique de repeupler en civelles en amont de Stavelot, dans un cours d'eau salmonicole froid offrant peu de bons habitats pour le développement de fortes populations de l'anguille. On ne devrait donc pas s'attendre à l'avenir à la production d'un grand nombre d'anguilles argentées dans cette partie de l'Amblève.

Pour de telles anguilles argentées, l'application à la CHE de Stavelot-Bressaix de la formule qui donne le pourcentage d'échappement en fonction du débit nominal turbiné ($6 \text{ m}^3/\text{s}$) en % du module ($10,67 \text{ m}^3/\text{s}$) (voir point 5.1.2.3), soit 56,2 % conduit à une valeur de 72 % qui traduit un échappement moyen théorique élevé. En pratique, la situation devrait probablement être meilleure que ne l'indique cette analyse car des épisodes de haut débit peuvent se manifester pendant la période de dévalaison des anguilles en fin d'automne et début d'hiver. Il faut rappeler que ce sont de tels pics de débit qui déclenchent la migration d'avalaison. Mais dans ce cas, il faut aussi considérer ces chiffres comme des tendances et des ordres de grandeur car le contexte local est très éloigné de celui (Gave de Pau) pour lequel le modèle de référence a été élaboré.

(b) Devenir des poissons concentrés devant la grille de prise d'eau vers la turbine

L'aspiration de l'eau vers la turbine se fait au niveau d'une grille transversale sub-verticale à barreaux espacés de 3 cm. Il n'y a pas d'exutoire de dévalaison au niveau de la grille et celle-ci se trouve au fond d'un long canal d'amenée qui forme une sorte de piège en cul-de-sac.

Avec une telle configuration, les smolts de salmonidés dévalants seront bloqués pendant un certain temps devant la grille puis finiront, soit par passer entre les barreaux vers la turbine, soit d'être plaqués sur la grille et éventuellement d'être récoltés vivants par le dégrilleur. A la CHE de Bressaix, ils ont une possibilité de retourner vivants (mais sans doute blessés) à la rivière en aval grâce au déversement des produits du dégrillage dans une goulotte nettoyée par une circulation d'eau. En revanche, peu de smolts semblent capables de pouvoir rebrousser chemin dans le canal d'amenée vu la longueur (520 m) de celui-ci mais on ne peut pas l'exclure totalement pour certains individus.

Chez les anguilles argentées bloquées devant la grille, certains individus se faufleront entre les barreaux vers la turbine tandis que d'autres parviendront à rebrousser chemin.

Dans une petite turbine Francis qui tourne à grande vitesse, les risques de mortalité des poissons sont probablement 'très élevés' tant chez les smolts d'une quinzaine de centimètres que chez les anguilles argentées de 60-80 cm. Préciser ces chiffres nécessite une étude complémentaire.

(c) Mesures de protection à mettre en œuvre pour les poissons dévalants

Dans un site comme celui de Bressaix, il apparaît que la seule formule efficace de protection des poissons dévalants est l'aménagement d'une passe de dévalaison de surface selon les critères reconnus par les experts en la matière, en prévoyant notamment un débit d'alimentation suffisant (2-10 % du débit turbiné) et une conception hydraulique optimale de l'ouvrage (Larinier et al., 1994, Larinier et Travade, 2009, Travade, 2007). La figure 7 illustre un exemple d'ouvrage de dévalaison aménagé latéralement dans le prolongement du plan de la grille. Une telle passe de dévalaison de surface devrait aussi convenir pour l'anguille argentée, relativement peu abondante dans cette partie de l'Amblève.



Figure 7. Exemple de bon positionnement d'un exutoire de dévalaison pour les smolts de salmonidés sur une CHE française (Larinier et Travade, 2009).

Dans l'immédiat, le principal problème de dévalaison va concerner les smolts de la truite de rivière et surtout du saumon atlantique sous la forme des individus issus des déversements de 2011. Préalablement à tout aménagement concret du site, on pourrait déjà entreprendre au printemps 2012 quelques observations sur la concentration possible de poissons devant la grille, faute de pouvoir faire davantage, c'est-à-dire étudier le comportement de dévalaison des poissons dans l'ensemble du complexe barrage-canal-d'amenée-grille et tenter de quantifier les effectifs concernés.

Sur la base de ces premières informations, on pourrait aisément envisager l'aménagement d'une passe de dévalaison expérimentale sous la forme d'une échancrure creusée (fig. 8) dans la partie supérieure de la vanne de vidange du canal d'amenée, un peu comme cela a été fait à la CHE Mérytherm sur la basse Ourthe (voir Philippart et al., 2010 Rapport B CPLFP). Ce petit aménagement permettrait d'envisager la mise en place d'un programme de monitoring précis des dévalaisons et de collecter des informations utiles pour améliorer l'équipement sur le site pilote de Bressaix et sur des sites comparables.

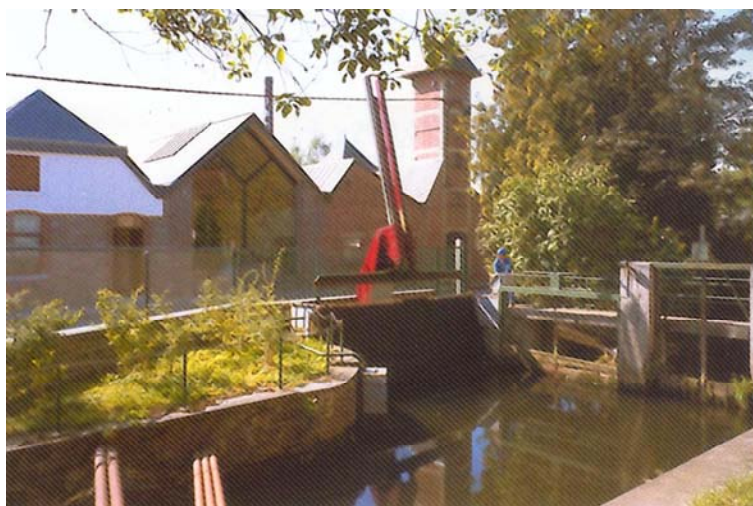


Figure 8. La zone possible d'aménagement d'un exutoire de dévalaison de surface dans la vanne de vidange au fond du canal d'amenée, dans le prolongement du plan de grille de la CHE de Stavelot-Bressaix sur l'Amblève (document Electrabel, 2002).

5.2.2.4. Dévalaison en post-reproduction de poissons adultes

Une plus ou moins grande proportion des poissons adultes reproducteurs, essentiellement des truites communes et des ombres communs, qui auront remonté le barrage de Bressaix en nageant sur le déversoir ou en utilisant l'échelle à bassins seront (en tout cas les survivants) amenés à effectuer une migration de dévalaison post-reproduction, avec un risque d'être entraînés dans la prise d'eau hydro-électrique et d'être retenus sur la grille.

L'aménagement d'un petit exutoire de dévalaison de surface latéralement par rapport à la grille comme évoqué au point précédent offrirait certainement une voie d'échappement pour ces poissons.

Par une étude appropriée (marquage, télémétrie, piégeage) on pourrait ensuite déterminer l'importance quantitative du phénomène et caractériser l'utilisation des différentes voies de migration (déversoir versus canal d'amenée avec exutoire de dévalaison) selon les conditions de débit, en vue d'une optimisation de l'équipement.

5.2.3. Conditions hydrologiques particulières de fonctionnement de la CHE de Bressaix

En analysant l'impact écologique et piscicole de la CHE de Stavelot-Bressaix sur l'Amblève, on ne peut pas ignorer le fait que cette installation fonctionne dans des conditions hydrologiques fortement perturbées par les turbinages intermittents dus à la CHE de Bévercé/retenue de Robertville. Ceux-ci provoquent des fluctuations artificielles du débit de la Warche qui se répercutent dans l'Amblève à Stavelot (fig. 9), en subissant une légère atténuation due aux apports de la Haute Amblève elle-même et de son affluent l'Eau Rouge.

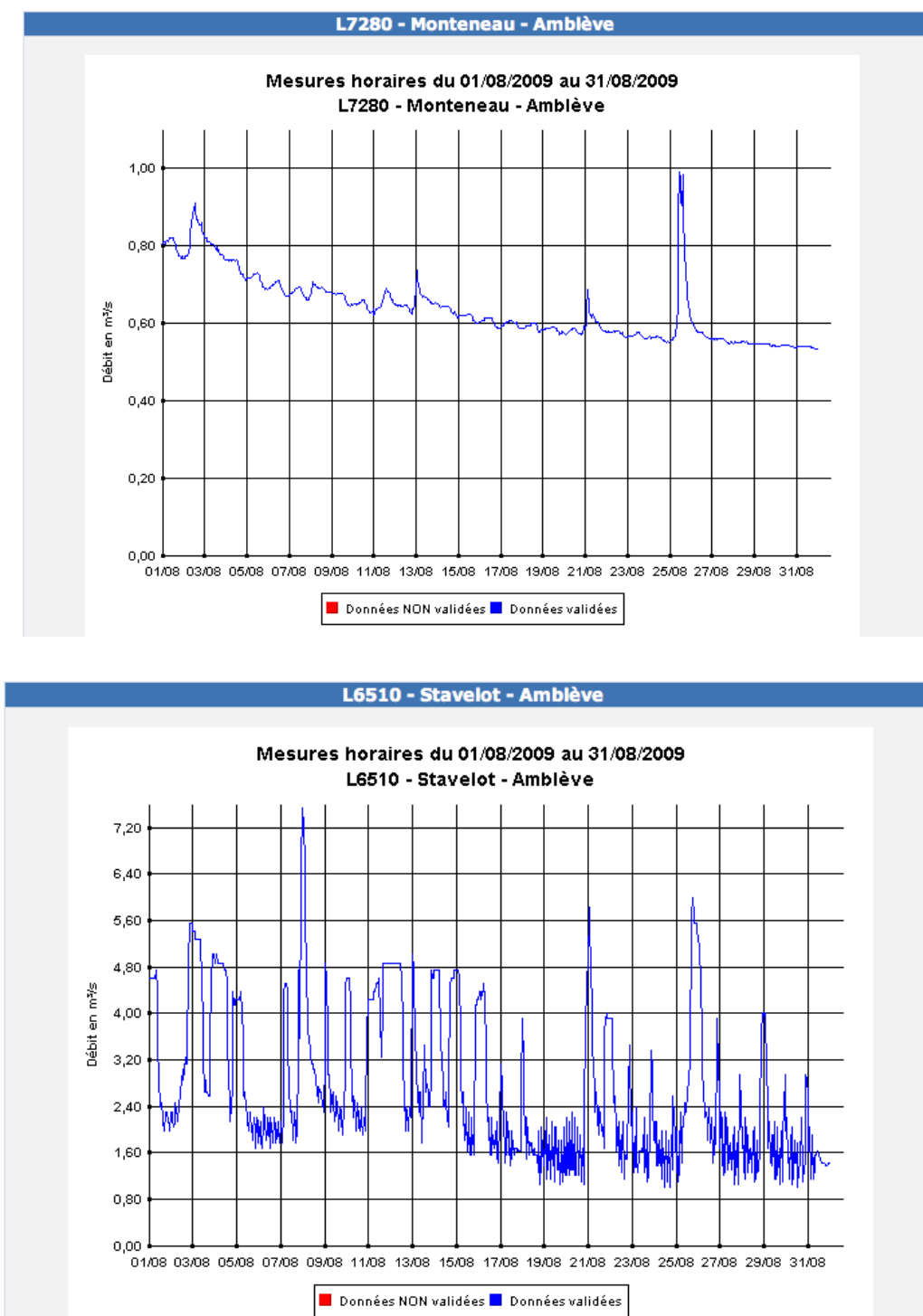


Figure 9. Comparaison des régimes hydrologiques horaires en août 2009 de l'Amblève en aval (Stavelot) et en amont (Monteneau) de la Warche où se marquent des fluctuations de débit générées par les turbinages intermittents de la CHE de Bévercé (source des données : Aqualim SPW).

A titre d'exemple, le mini-hydropeaking artificiel pendant l'été d'août 2009 est de $2,80 \text{ m}^3/\text{s}$ ($2,0$ à $4,80 \text{ m}^3/\text{s}$ soit $D = 2,80 \text{ m}^3/\text{s}$; 13-15/8), une valeur que l'on retrouve à Targnon en aval de la confluence de la Salm puis à Remouchamps et à Martinrive, loin en aval de la confluence de la Lienne.

Les phases de hausse/baisse du débit à Stavelot se produisent une fois par jour (fig. 10) et génèrent dans l'Amblève des conditions environnementales très variables au point de vue de l'écoulement de l'eau (hauteur, débit, vitesse) sur le déversoir, dans l'échelle à poissons à bassins et dans la partie court-circuitée de la rivière. Cet aspect de la question devra être pris en compte lors de la conception d'un exutoire de dévalaison à la CHE de Bressaix.

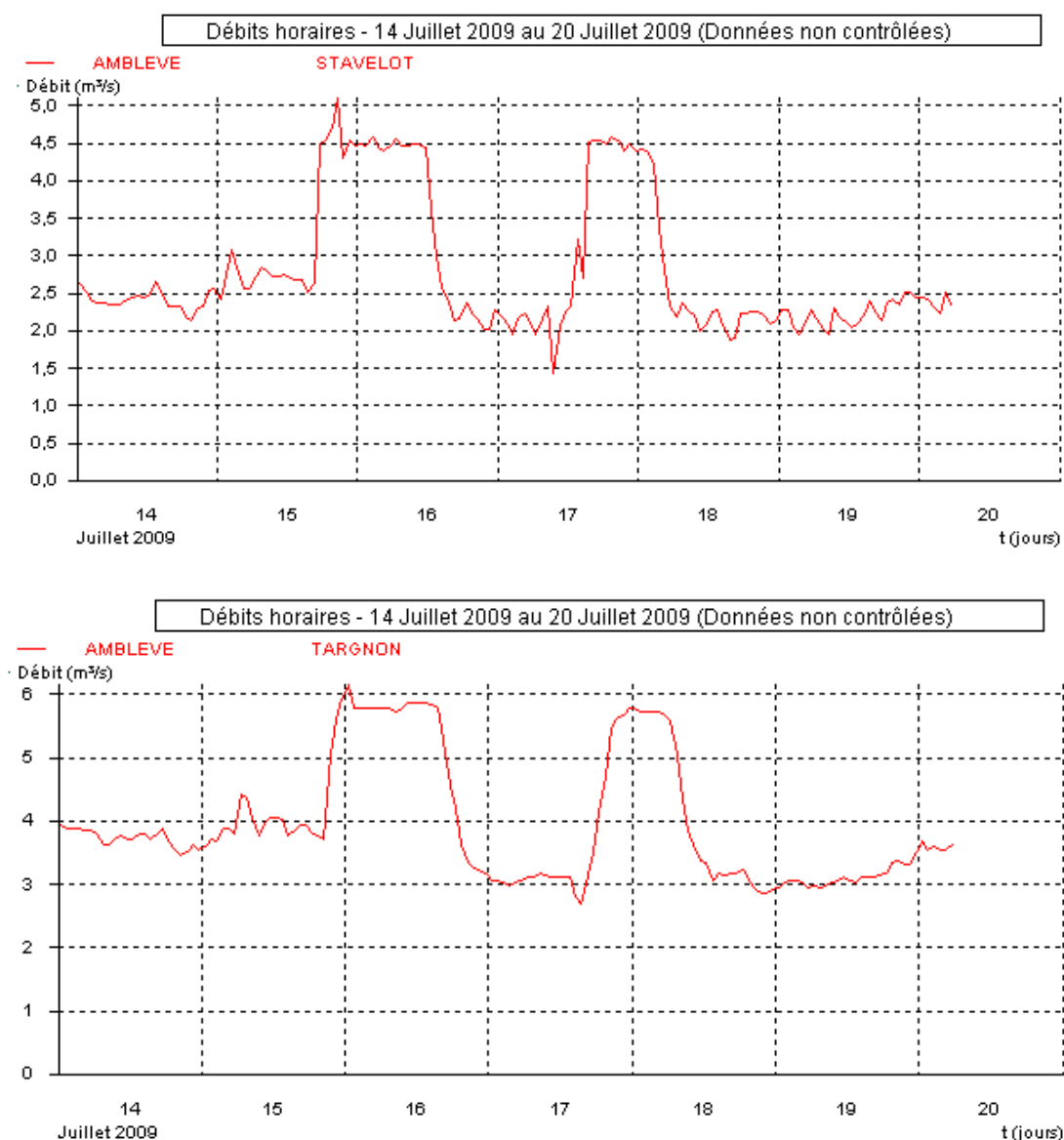


Figure 10. Détail des variations horaires du débit de l'Amblève à Stavelot et Targnon du 14 au 20 juillet 2009 mettant en évidence les épisodes journaliers de hausse/baisse du débit générés par les turbinages intermittents à la CHE de Bévercé sur la Warche (source des données : Aqualim SPW).

5.2.4. Conclusions

La CHE de Stavelot-Bressaix est la première unité importante de production hydroélectrique sur l'Amblève qui se caractérise à ce niveau d'une zone à ombre par un peuplement de poissons typiquement salmonicole dominé par la truite commune, l'ombre commun et, depuis 2011, le saumon atlantique réintroduit sous la forme de jeunes sujets d'élevage.

Le barrage de prise d'eau est équipé d'une échelle à poissons et d'un dispositif qui maintient un débit réservé de $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ dans le bras de l'Amblève court-circuité par la dérivation de l'eau. En première analyse, les migrations de remontée des poissons semblent possibles.

Le principal problème qui se pose sur le site provient des risques d'entraînement forcé sur la grille à l'entrée de la turbine des poissons dévalants constitués surtout de smolts de la truite commune et, depuis 2011, du saumon atlantique. Pour éviter les mortalités associées au placage des poissons sur la grille ou à leur passage dans la turbine, il faut envisager dès que possible l'aménagement d'une passe migratoire de dévalaison, ce qui ne devrait pas être trop difficile vu la configuration des lieux. Mais il s'impose de procéder à un minimum d'études pour orienter les choix techniques.

5.3. La CHE (110 kW) du moulin Piront à Ligneuville

5.3.1. Caractéristiques techniques

5.3.1.1. Description générale du site

La CHE au fil de l'eau du moulin Piront à Ligneuville est située en rive droite de l'Amblève (fig. 1, 2), à l'extrémité d'un canal d'amenée qui prend naissance au niveau d'un petit seuil oblique.

A la station SETHY la plus proche de Lasninsville, le débit moyen interannuel est de 3,56 m³/s pour la période 1998-2009 et les moyennes mensuelles (m³/s) sont les suivantes avec la variabilité illustrée par la figure 3.

Janvier	6,33	Juillet	1,41
Février	6,67	Août	1,45
Mars	6,44	Septembre	2,02
Avril	3,80	Octobre	1,99
Mai	2,34	Novembre	3,60
Juin	1,50	Décembre	5,18

Ces débits à Lasninsville sont un peu plus élevés que ceux qui caractérisent la traversée de Ligneuville car ils sont augmentés de ceux apportés par le Rechterbach.

5.3.1.2. Prise d'eau et turbine

Le seuil de prise d'eau, long d'une quinzaine de mètres pour une largeur d'environ 3,5 m (fig. 4) est en pente relativement douce mais présente dans sa partie amont un petit rebord en béton accentué par une rehausse mobile au moyen de poutrelles en fer. L'ouvrage, peu élevé (différence de niveau d'eau d'environ 0,80 cm) est presque complètement noyé en période de hautes et moyennes eaux mais est complètement à sec en période d'étiage.

L'entrée du canal d'amenée est protégée par une grille métallique à barreaux largement espacés (20 cm) qui sert à retenir les gros débris ligneux et flottants.

A l'extrémité aval du canal d'amenée long d'environ 300 m, la prise d'eau vers la turbine est protégée par une grille transversale fortement inclinée (30-40°) et à barreaux espacés de 20 mm (fig. 5). Les produits du dégrillage sont rejetés à la rivière.

La production d'hydro-électricité est assurée par une turbine Banki (Oesberger 3 compartiments ; pales espacées de 1,8 cm ; fig. 6) disposée horizontalement qui est alimentée avec un débit de 2,0 m³/s (pratiquement en continu s'il y a suffisamment d'eau) sous une chute de 4,2 m. Cette turbine tourne à une vitesse de 147 t/min et développe une puissance nominale de 57 kW.

En aval du seuil de prise d'eau, la rivière est court-circuitée sur une distance de 350 m et l'on ne connaît pas l'existence d'un quelconque débit réservé minimal à garantir dans cette partie du cours d'eau.

Moulin Piront Ligneuville



Figure 1. Cartes de situation de la centrale hydro-électrique du moulin Piront à Ligneuville sur la haute Amblève (coordonnées : 257.878, 119.530).

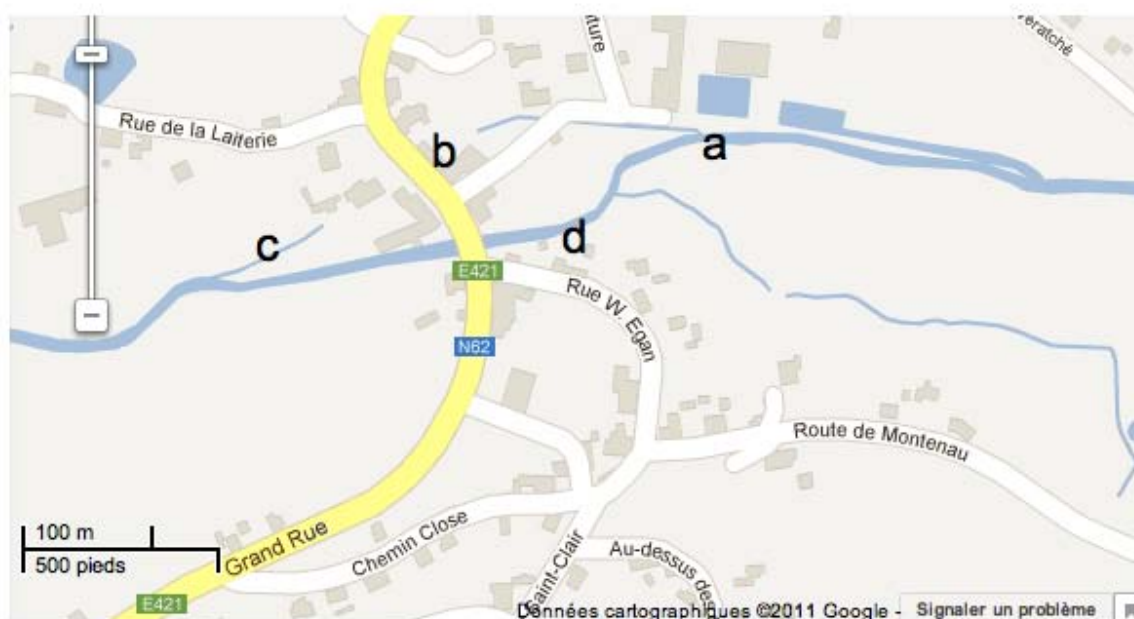


Figure 2. Plan du site de la CHE du moulin Piront à Ligneuville montrant la localisation des principaux éléments cités dans le texte. a = barrage de prise d'eau vers un canal d'amenée ; b = grille, dégrilleur et turbine ; c = canal de fuite restituant l'eau turbinée à la rivière ; d = tronçon court-circuité de l'Ambève.

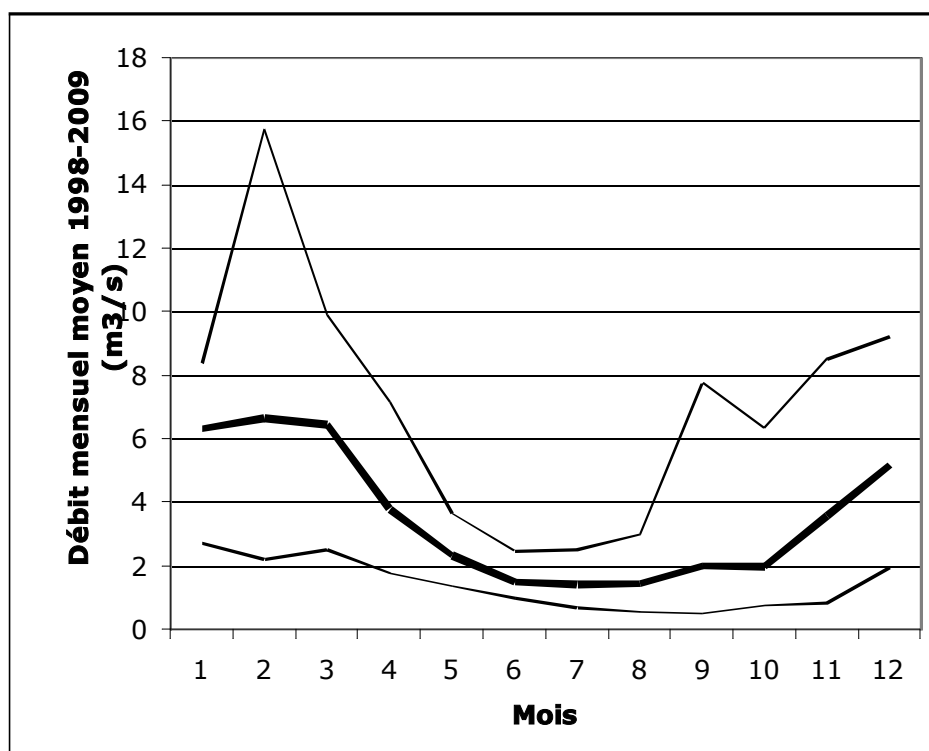


Figure 3. Régime moyen des débits mensuels de l'Ambève à Lasninvillie (station limnimétrique SETHY) pour la période 1998-2009. La courbe en trait gras représente la moyenne générale des moyennes mensuelles et les courbes en trait fin représentent les valeurs minimales et maximales de ces moyennes mensuelles.



Figure 4. Vues de la prise d'eau en rivière. Au-dessus : petit seuil oblique vu par l'aval en période hivernale (janvier 2009). Au-milieu : vue depuis la rive gauche en période d'étiage, du même seuil de prise d'eau et de la grille protégeant l'entrée du canal d'amenée. En-dessous : vue en période hivernale (janvier 2009) de l'entrée du canal d'amenée protégée par une grille.



Figure 5. La fin du canal d'amenée au niveau de la grille et du dégrilleur.



Figure 6. La turbine Banki installée dans la salle des machines de la CHE du moulin Piront à Ligneuville sur la Haute Amblève.

5.3.2. Analyse des impacts de l'aménagement hydroélectrique sur les poissons

5.3.2.1. Faune des poissons concernés dans l'Amblève à Ligneuville

La faune des poissons dans la haute Amblève est connue grâce à des pêches électriques réalisées à la fin des années 1970 à Ondenval, Montenau et Deidenberg, en 1995 à Ligneuville même et en 2002 à Deidenberg (tabl. 1). Bien qu'anciennes, ces données devraient encore représenter la situation actuelle car le milieu a peu changé au cours des dernières décennies.

Tableau 1. Composition de la faune des poissons de la Haute Amblève dans la région de Ligneuville.

	Ligneuville 14/07/95 1170 m ² 2 passages Didier,1997	Ondenval 20/09//79 2600 m ² 2 passages ULg	Montenau 27/10/76 600 m2 1 passage ULg	Deidenberg 16/12/02 18/08/81 500m2 1350 m2 1 passage 2 passages ULg ULg	
Truite commune	16	285	227	19	310
Truite arc-en-ciel	2	22	-	-	1
Ombre commun	60	6	18	16	129
Chevaine	-	-	-	35	64
Ablette spirilin	-	-	-	3	-
Vairon	-	-	-	44	18
Goujon	-	-	-	4	
Gardon	1	-	1	-	
Anguille	-	-	1	1	
Loche franche	-	-	-	2	52
Chabot	263	228	63	-	48
Petite lamproie	5	+	2	-	-
Nombre total	-	541	311	-	622
N espèces	6	4	5	8	7

A Ligneuville-Montenau, on est dans une zone à truite typique (pente moyenne de 7-8 p/1000) mais une courte zone à ombre réapparaît en amont dans la région de Deidenberg où la pente moyenne retombe jusqu'à 2,2 p/1000.

Dans la partie de l'Amblève concernée par la CHE du moulin Piront, la communauté des poissons est dominée par les Salmonidés représentés par la truite commune et l'ombre commun et par les espèces d'accompagnement de petite taille comme le chabot et la petite lamproie, toutes deux espèces patrimoniales Natura 2000. L'anguille est absente à très rare à cause de la difficulté du recrutement par remontée des sujets sauvages à partir de la Meuse. C'est seulement dans la station de Deidenberg nettement plus en amont que l'on trouve une population de Cyprinidés d'eau rapide représentés uniquement par le chevaine, accompagné du vairon, du goujon ainsi que de la loche franche.

Dans l'état actuel des choses, il existe peu de perspectives de modification de l'ichtyofaune de la Haute Amblève dans la mesure où cette partie de la rivière, typiquement à truite, ne sera

pas ciblée par des actions prioritaires de repeuplement en jeunes anguilles et en jeunes saumons. Celles-ci seront limitées à l'Amblève depuis l'Ourthe jusqu'à la confluence de la Warche à Thiou.

5.3.2.2. Blocage des remontées des poissons à Ligneuville, Moulin Piront

Ni par sa hauteur (0,8 m), ni par sa structure, le seuil d'alimentation de la prise d'eau ne constitue un obstacle sérieux à la migration de remontée des principales espèces concernées, la truite commune et l'ombre commun, à condition qu'il soit couvert par une hauteur d'eau suffisante au moment de la migration pour la reproduction en octobre-avril.

En l'absence d'un débit réservé et compte tenu d'un débit maximum d'eau dérivé de l'Amblève vers la turbine de $2 \text{ m}^3/\text{s}$, il apparaît, qu'en moyenne, le débit résiduel de la rivière serait significatif ($> 0,6 \text{ m}^3/\text{s}$) de novembre à avril, ce qui est compatible avec la remontée de l'ombre et de la truite mais partiellement pour cette dernière en raison de la situation limite en octobre (débit moyen de $1,99 \text{ m}^3/\text{s}$ versus un prélèvement de $2 \text{ m}^3/\text{s}$).

Dans ces conditions, il est indispensable d'envisager l'aménagement sur le barrage de prise d'eau d'une petite échancrure laissant passer un débit minimum correspondant à un débit réservé à déterminer selon les méthodes classiques, spécialement l'étude de Ovidio et Philippart (2009) réalisée à la demande du SPW Direction des Cours d'eau Non Navigables. Dans l'approche de cette question, il faut être attentif au fait que le débit réservé doit être fixé afin de maintenir des habitats de nage adéquats, en termes de hauteur d'eau et vitesse du courant, dans le tronçon de 350 m de l'Amblève court-circuité par la dérivation d'eau vers la turbine.

En matière de libre circulation des poissons vers l'amont, des mesures doivent aussi être étudiées pour permettre la remontée aisée du chabot (voir Rapport ULG/SPW par Ovidio et al., 2007) et de la petite lamproie (voir étude française par Besson et al., 2009), les deux espèces patrimoniales présentes dans cette partie de l'Amblève.

5.3.2.3. Perturbation de la dévalaison des poissons

(a) Entraînement des poissons dévalants dans le canal d'amenée

L'orientation oblique du seuil du barrage par rapport à la berge droite place l'entrée du canal d'amenée à l'extrémité d'un entonnoir très favorable à l'entraînement des poissons vers la turbine en toutes conditions hydrauliques mais surtout lors des bas débits quand le déversement par le barrage est nul ou faible.

Le débit maximum d'eau dérivé de l'Amblève vers la turbine s'élève à $2 \text{ m}^3/\text{s}$ et représente en moyenne 56 % du débit moyen interannuel de l'Amblève à Lasninvill qui est de $3,6 \text{ m}^3/\text{s}$ pour la période 1998-2009. Toutefois ce pourcentage est théoriquement plus élevé les mois présentant une faible hydraulicité, c'est-à-dire d'avril à octobre (fig. 3).

Sur un site comme celui de la Haute Amblève, toute la question est de savoir quelles espèces et quels pourcentages des populations en place sont concernés par un comportement de dévalaison. Vu l'absence ou l'extrême rareté à ce niveau du bassin d'espèces migratrices amphihalines comme la truite de mer, le saumon atlantique réintroduit et l'anguille argentée, on doit surtout tabler sur une dévalaison possible de deux catégories de poissons : d'une part,

des truites et ombres juvéniles qui se dispersent vers l'aval à partir d'une zone de reproduction et de croissance située en amont et, d'autre part, des truites et des ombres adultes qui effectuent une migration de homing après reproduction vers leurs habitats de résidence à l'aval quittés lors d'une migration de reproduction vers l'amont ayant impliqué le franchissement du barrage de prise d'eau.

En pratique, de telles informations ne sont pas connues avec précision pour des cours d'eau salmonicoles ardennais de la grandeur de la Haute Amblève. Il est donc utile de mettre en place ce type d'étude en Wallonie en appui à la politique de limitation de l'impact sur la truite et l'ombre des activités de production d'hydroélectricité

Sur la base des données existantes, on peut toutefois tenter d'estimer l'importance de l'entraînement forcé des jeunes salmonidés dans la prise d'eau de la CHE du moulin Piront en considérant qu'on a affaire à des smolts de truite de mer ou de saumon atlantique qui dévalent majoritairement en avril-mai. A cette époque de l'année, les conditions de débit sont en moyenne telles ($3,80 \text{ m}^3/\text{s}$ en avril et $2,34 \text{ m}^3/\text{s}$ en mai ; $3,1 \text{ m}^3/\text{s}$ pour les 2 mois) qu'un prélèvement d'eau continu maximum de $2 \text{ m}^3/\text{s}$ vers la CHE ne laisse plus s'écouler au barrage qu'un débit assez faible, surtout en mai, ce qui ne favorise guère l'échappement des poissons dévalants.

L'application de la relation qui donne le pourcentage d'échappement en fonction du rapport débit turbiné-TU/débit de la rivière-Q au moment de la dévalaison en avril-mai, soit $TU = 2 \text{ m}^3/\text{s} / Q = 3,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (moyenne interannuelle 1998-2009) atteint 0,65 ce qui correspond à un échappement théorique de 35 % qui signifie que 2/3 des smolts seraient entraînés dans le canal d'amenée vers la grille et la turbine. Des situations encore plus critiques devraient se retrouver toutes les années particulièrement sèches en avril-mai comme par exemple 2007 ($1,58 \text{ m}^3/\text{s}$ en avril-mai) quand toute l'eau devrait être dérivée, à moins d'un ralentissement ou d'un arrêt du turbinage pour manque d'eau. Des informations complémentaires doivent être recherchées sur les modalités de turbinage en fonction du débit de la rivière. De toute manière et comme déjà signalé pour d'autres CHE, il faut considérer ces chiffres comme des tendances et des ordres de grandeur car le contexte local de la Haute Amblève est très éloigné de celui (haute Garonne) pour lequel le modèle a été élaboré. Mais, il n'y a pas d'autres données de référence.

(b) Devenir des poissons concentrés devant la grille de prise d'eau vers la turbine

L'aspiration de l'eau vers la turbine se fait au niveau d'une grille transversale inclinée à 30-40° et à barreaux espacés de 20 cm et à l'approche de laquelle la vitesse est élevée. Il n'y a pas d'exutoire de dévalaison au niveau de la grille et celle-ci se trouve au fond d'un long canal d'amenée qui forme une sorte de piège en cul-de-sac.

Avec une telle configuration, des salmonidés juvéniles ou adultes dévalants seront bloqués pendant un certain temps devant la grille puis finiront, soit, dans le cas des plus petits capables de passer entre les barreaux espacés de 2 cm, d'arriver dans la turbine, soit d'être plaqués sur la grille et d'être récoltés par le dégrilleur avec une certaine chance de survie après le retour à la rivière. De plus, comme cela a été mis en évidence par télémétrie chez des anguilles argentées, certains poissons de grande taille pourraient être capables de rebrousser chemin dans le canal d'amenée, voire de s'y installer pendant un certain temps.

Dans une turbine Banki qui tourne à 147 tours/ min, les risques de mortalité de jeunes Salmonidés de 10-20 cm sont probablement ‘très élevés’ mais préciser ces chiffres nécessite une étude complémentaire.

(c) Mesures de protection à mettre en œuvre pour les poissons dévalants

Dans un site comme celui du moulin Piront, il apparaît que la seule formule efficace de protection des poissons dévalants est l’aménagement d’une passe de dévalaison de surface selon les critères reconnus par les experts en la matière, en prévoyant notamment un débit d’alimentation suffisant (2-10 % du débit turbiné) et une conception hydraulique optimale de l’ouvrage (Larinier et al., 1994, Larinier et Travade, 2009, Travade, 2007).

La prise de décision d’entreprendre un tel aménagement assez lourd doit reposer sur un ensemble d’études préalables destinées à démontrer l’existence d’une dévalaison de poissons, à la caractériser qualitativement et quantitativement et à évaluer les bénéfices écologiques et piscicoles attendus par rapport au coût économique de l’opération.

5.3.4. Conclusions

La CHE du moulin Piront à Ligneuville est située dans une zone à truite de la Haute Amblève où vit un peuplement de poissons typiquement salmonicole dominé par la truite commune et l’ombre commun.

En première analyse, les migrations de remontée des poissons semblent possibles mais il faudrait fixer un débit réservé afin de garantir un écoulement suffisant d’eau sur le barrage de prise d’eau et dans le tronçon court-circuité de l’Amblève.

Le principal problème qui se pose sur le site provient des risques d’entraînement forcé sur la grille à l’entrée de la turbine des poissons dévalants constitués surtout de juvéniles en dispersion de la truite commune et de l’ombre commun et d’adultes de ces deux espèces en migration de post-reproduction. Pour éviter les mortalités associées au placage des poissons sur la grille ou à leur passage dans la turbine, il faut envisager l’aménagement d’une passe migratoire de dévalaison après avoir procédé à des études pour orienter les choix techniques et juger du bien-fondé d’une intervention en termes de coûts économiques et de bénéfices écologiques et piscicoles.

5. 4. La CHE (275 kW) de la Turbine Maraite à Ligneuville

5.4.1. Caractéristiques techniques

5.4.1.1. Description générale du site

La CHE au fil de l'eau de la Turbine Maraite à Ligneuville est située en rive gauche de l'Amblève (fig. 1, 2), à l'extrémité d'un canal d'amenée qui prend naissance au niveau d'un petit seuil. La construction de cette CHE remonte à 1919.

A la station SETHY la plus proche de Lasninsville, le débit moyen interannuel est de 3,56 m³/s pour la période 1998-2009 et les moyennes mensuelles (m³/s) sont les suivantes avec la variabilité illustrée par la figure 3.

Janvier	6,33	Juillet	1,41
Février	6,67	Août	1,45
Mars	6,44	Septembre	2,02
Avril	3,80	Octobre	1,99
Mai	2,34	Novembre	3,60
Juin	1,50	Décembre	5,18

5.4.1.2. Prise d'eau et turbine

Le seuil de prise d'eau, long d'une vingtaine de mètres pour une largeur d'environ 3 m (fig. 4) est en pente d'environ 25 % mais présente dans sa partie amont une rehausse métallique de 23 cm. L'ouvrage est peu élevé (différence de niveau d'eau d'environ 0,76 m) et est pourvu en rive droite d'une brèche de 0,8 m de largeur et 3 m de long réalisée il y a 20 ans pour assurer un débit minimum dans l'Amblève court-circuitée et en même temps faire office de passe à poissons. Il faut signaler que la prise d'eau est aussi utilisée pour alimenter une pisciculture avec un débit non connu.

Le canal d'amenée, long de 480 m, est situé dans le prolongement du cours naturel de la rivière. A l'extrémité aval de ce canal d'un certain gabarit se trouvent trois turbines protégées par des grilles subverticales à barreaux espacés de 20 mm pour deux unités Francis et de 12 mm pour une unité Banki. Il existe donc deux systèmes de dégrillage dont les produits sont rejetés sur la berge. Il n'existe aucun exutoire de dévalaison.

La production d'hydro-électricité est assurée avec un débit total maximum de 4 m³/s (pratiquement en continu s'il y a suffisamment d'eau), sous une chute de 7 m et par les équipements suivants :

- une turbine Banki (Oesberger 3 compartiments ; pales espacées de 12,8 cm) de 30 kW disposée horizontalement et qui tourne à la vitesse de 230 t/m ;
- une turbine Francis horizontale de 65 kW avec des pales écartées de 80 mm et qui tourne à une vitesse de 210 t/m ;
- une turbine Francis verticale de 180 kW avec des pales écartées de 13 mm et qui tourne à une vitesse de 108 t/m

L'installation développe une puissance nominale totale de 275 kW.

En aval du seuil de prise d'eau, la rivière est court-circuitée sur une distance d'environ 1000 m et n'est alimentée par aucun débit réservé légalement fixé.

Turbine Maraite Ligneuville

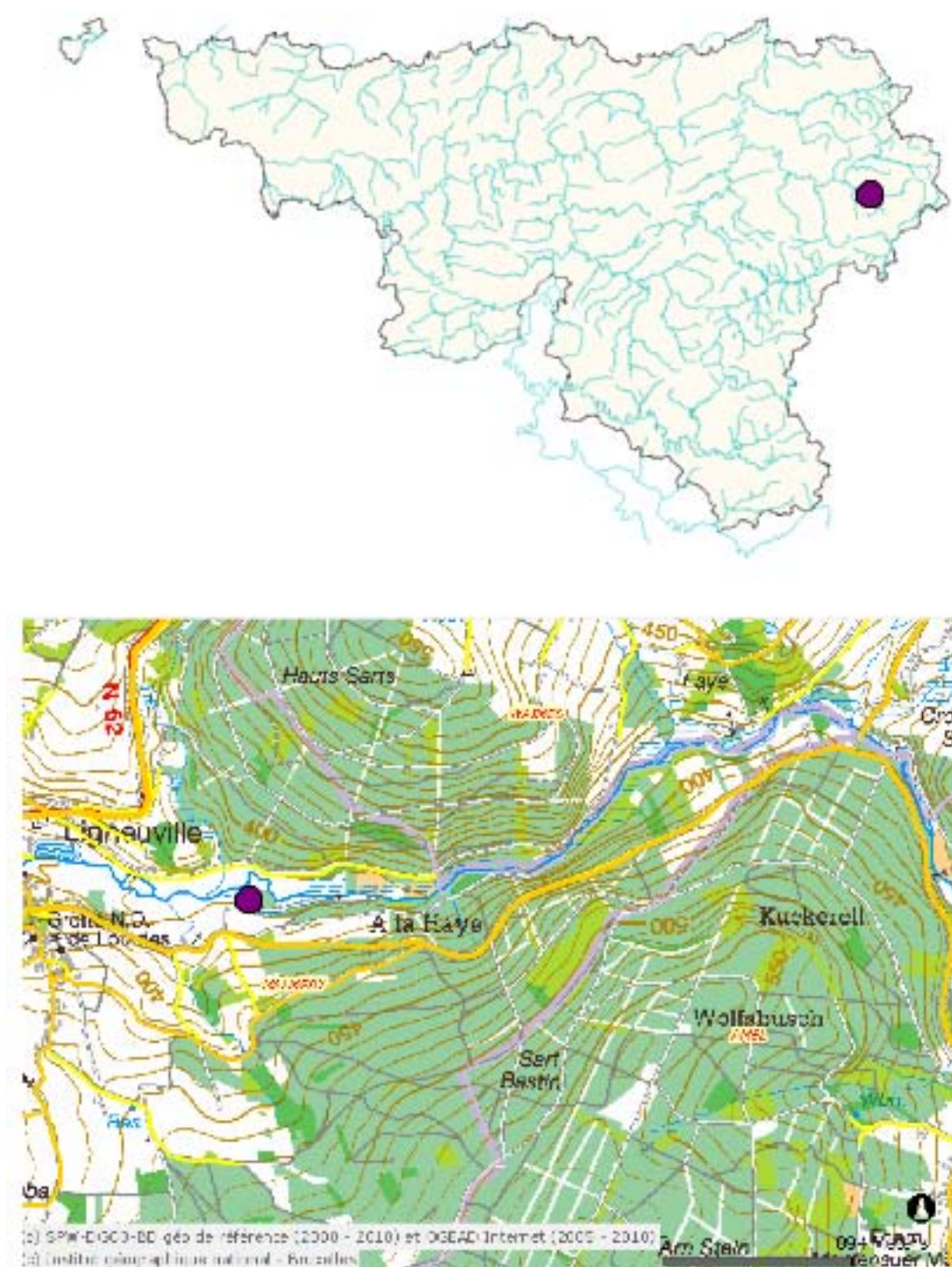


Figure 1. Cartes de situation de la centrale hydro-électrique Turbine Maraite à Ligneuville sur la haute Amblève (coordonnées : 271.146,119.423).

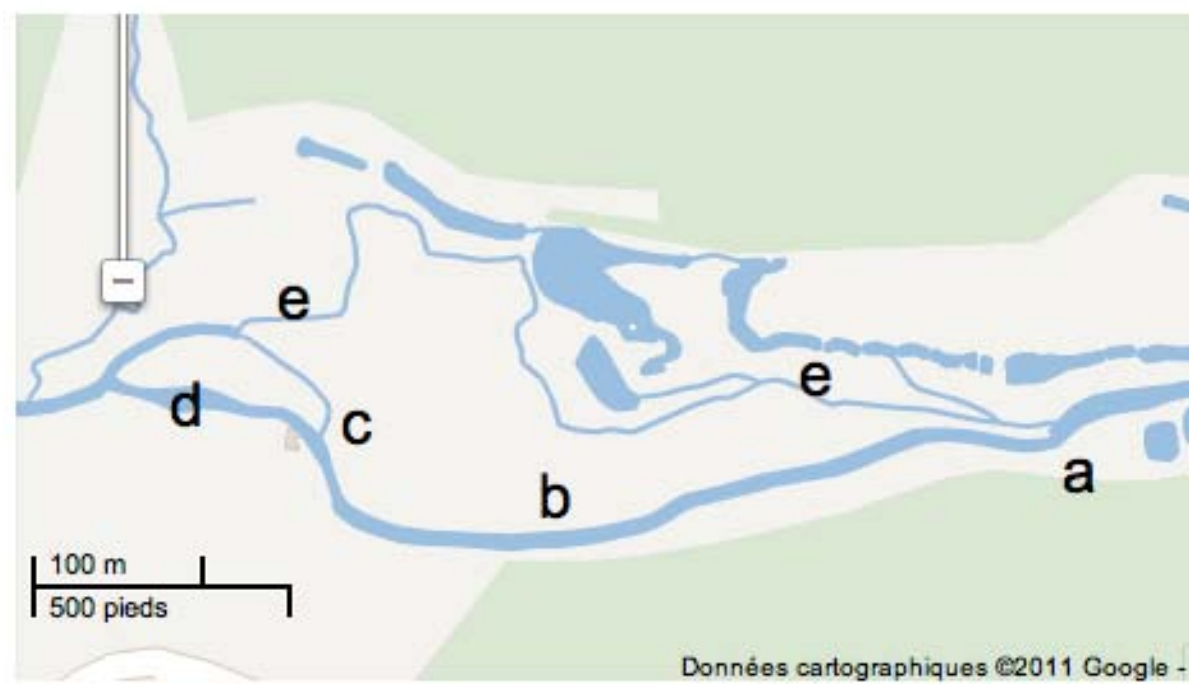


Figure 2. Plan du site de la CHE Turbine Maraite à Ligneuville montrant la localisation des principaux éléments cités dans le texte. a = barrage de prise d'eau ; b= canal d'amenée de 480 m ; c = grilles, dégrilleurs et turbines ; d = canal de fuite restituant l'eau turbinée à la rivière ; e = cours naturel court-circuité de l'Amblève.

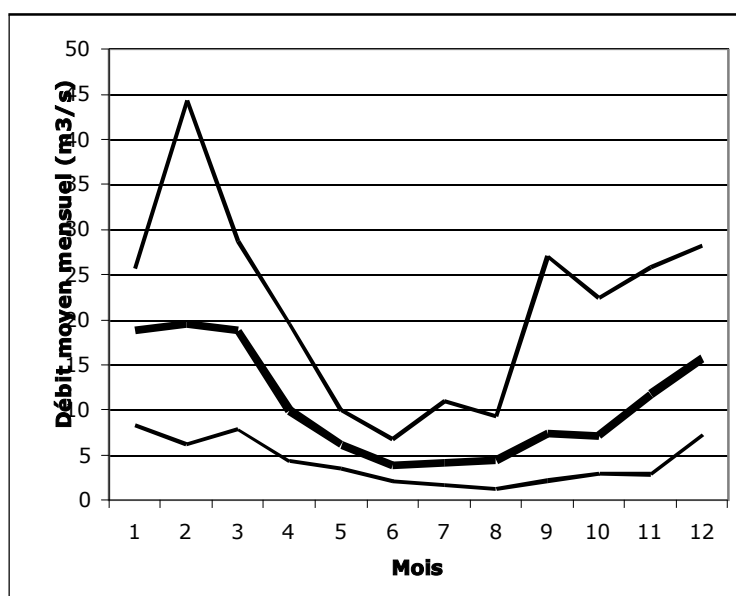


Figure 3. Régime moyen des débits mensuels de l'Amblève à Stavelot (station limnimétrique SETHY) pour la période 1999-2009. La courbe en trait gras représente la moyenne générale des moyennes mensuelles et les courbes en trait fin représentent les valeurs minimales et maximales de ces moyennes mensuelles.



Figure 4. La prise d'eau en rivière. Au-dessus : petit seuil avec rehausse et échancrure latérale pour maintenir un certain débit dans le tronçon court-circuité. Au-milieu : canal d'amenée dans le prolongement vers l'aval du cours naturel de la rivière. En-dessous : canal d'amenée à grand gabarit (4m³/s pour la CHE + alimentation pisciculture) et en contrebas, l'Amblève court-circuitée sur environ 1000 m.



Figure 5. Au fond du canal d'amenée, vue de la zone de filtrage de l'eau avant le passage dans les turbines Francis. Au-dessus : grille à barreaux espacés de 22 mm, dégrilleur et vanne latérale d'évacuation du trop plein. En-dessous : chenal d'évacuation du trop plein aisément aménageable en passe de dévalaison



Figure 6. Vues du canal de fuite de la CHE (au-dessus) et du tronçon court-circuité de l'Amblève en janvier 2009 (en-dessous).

5.4.2. Analyse des impacts de l'aménagement hydroélectrique sur les poissons

5.4.2.1. Faune des poissons concernés dans l'Amblève à Ligneuville

La faune des poissons dans la haute Amblève est connue grâce à des pêches électriques réalisées à la fin des années 1970 à Ondenval, Montenau et Deidenberg, en 1995 à Ligneuville même et en 2002 à Deidenberg (tabl. 1). Bien qu'anciennes, ces données devraient encore représenter la situation actuelle car le milieu a peu changé au cours des dernières décennies.

Tableau 1. Composition de la faune des poissons de la Haute Amblève dans la région de Ligneuville.

	Ligneuville 14/07/95 1170 m ² 2 passages Didier,1997	Ondenval 20/09//79 2600 m ² 2 passages ULg	Montenau 27/10/76 600 m2 1 passage ULg	Deidenberg 16/12/02 18/08/81 500m2 1350 m2 1 passage 2 passages ULg ULg	
Truite commune	16	285	227	19	310
Truite arc-en-ciel	2	22	-	-	1
Ombre commun	60	6	18	16	129
Chevaine	-	-	-	35	64
Ablette spirilin	-	-	-	3	-
Vairon	-	-	-	44	18
Goujon	-	-	-	4	
Gardon	1	-	1	-	
Anguille	-	-	1	1	
Loche franche	-	-	-	2	52
Chabot	263	228	63	-	48
Petite lamproie	5	+	2	-	-
Nombre total	-	541	311	-	622
N espèces	6	4	5	8	7

A Ligneuville-Montenau, on est dans une zone à truite typique (pente moyenne de 7-8 p/1000) mais une courte zone à ombre réapparaît en amont dans la région de Deidenberg où la pente moyenne retombe jusqu'à 2,2 p/1000.

Dans la partie de l'Amblève concernée par la CHE du moulin Piront, la communauté des poissons est dominée par les Salmonidés représentés par la truite commune et l'ombre commun et par les espèces d'accompagnement de petite taille comme le chabot et la petite lamproie, toutes deux espèces patrimoniales Natura 2000. L'anguille est absente à très rare à cause de la difficulté du recrutement par remontée des sujets sauvages à partir de la Meuse. C'est seulement dans la station de Deidenberg nettement plus en amont que l'on trouve une population de Cyprinidés d'eau rapide représentés uniquement par le chevaine, accompagné du vairon, du goujon ainsi que de la loche franche.

Dans l'état actuel des choses, il existe peu de perspectives de modification de l'ichtyofaune de la Haute Amblève dans la mesure où cette partie de la rivière, typiquement à truite, ne sera

pas ciblée par des actions prioritaires de repeuplement en jeunes anguilles et en jeunes saumons. Celles-ci seront limitées à l'Amblève depuis l'Ourthe jusqu'à la confluence de la Warche à Thiou.

5.4.2.2. Blocage des remontées des poissons à Ligneuville, Turbine Maraite

Vu sa faible hauteur (0,76 m), sa structure et l'existence d'une échancrure aménagée en rive droite, le seuil d'alimentation de la prise d'eau ne constitue pas un obstacle sérieux à la migration de remontée des principales espèces concernées, la truite commune et l'ombre commun. La situation semble un peu plus problématique pour les espèces de petite taille comme la lamproie de Planer et le chabot.

En fait, le problème principal sur le site concerne le manque d'appel hydraulique qui existe pour les poissons Salmonidés dans le long (1 km) tronçon de l'Amblève court-circuité par la prise d'eau. Compte tenu d'un débit d'eau dérivé de l'Amblève vers les turbines de 4 m³/s, il apparaît, qu'en moyenne, le débit résiduel de la rivière ne serait écologiquement significatif (> environ 1 m³/s) que de décembre à mars, ce qui n'inclurait qu'une partie de la période normale de remontée de la truite (octobre-janvier) et de l'ombre commun (mars-avril).

Dans ces conditions, il est indispensable d'envisager l'aménagement sur le barrage de prise d'eau d'un dispositif laissant passer un débit minimum correspondant à un débit réservé à déterminer selon les méthodes classiques, spécialement l'étude de Ovidio et Philippart (2009) réalisée à la demande du SPW Direction des Cours d'eau Non Navigables. Dans l'approche de cette question, il faut être attentif au fait que le débit réservé doit être fixé afin de maintenir des habitats de nage adéquats, en termes de hauteur d'eau et vitesse du courant, dans le tronçon de 1 km de l'Amblève court-circuité par la dérivation d'eau vers la turbine.

En matière de libre circulation des poissons vers l'amont, des mesures doivent aussi être étudiées pour permettre la remontée aisée du chabot (voir Rapport ULG/SPW par Ovidio et al., 2007) et de la petite lamproie (voir étude française par Besson et al., 2009), les deux espèces patrimoniales présentes dans cette partie de l'Amblève.

5.4.2.3. Perturbation de la dévalaison des poissons

(a) Entraînement des poissons dévalants dans le canal d'amenée

La position du canal d'amenée dans le prolongement du cours naturel de la rivière et la présence d'une surhausse sur le barrage crée une situation très favorable à l'entraînement forcés des poissons dévalants vers la turbine en toutes conditions hydrauliques mais surtout lors des bas débits quand le déversement par le barrage est nul ou faible.

Le débit maximum d'eau dérivé de l'Amblève vers la turbine s'élève à 4 m³/s et représente en moyenne 111 % du débit moyen interannuel de l'Amblève à Lasninvill qui est de 3,6 m³/s pour la période 1998-2009. Toutefois ce pourcentage est théoriquement encore plus élevé les mois présentant une faible hydraulicité, c'est-à-dire d'avril à novembre (fig. 3).

Dans une rivière comme la Haute Amblève, toute la question est de savoir quelles espèces et quels pourcentages des populations en place sont concernés par un comportement de dévalaison. Vu l'absence ou l'extrême rareté à ce niveau du bassin d'espèces migratrices amphihalines comme la truite de mer, le saumon atlantique réintroduit et l'anguille argentée,

on doit surtout tabler sur une dévalaison possible de deux catégories de poissons : d'une part, des truites et ombres juvéniles qui se dispersent vers l'aval à partir d'une zone de reproduction et de croissance située en amont et, d'autre part, des truites et des ombres adultes qui effectuent une migration de homing après reproduction vers leurs habitats de résidence à l'aval quittés lors d'une migration de reproduction vers l'amont ayant impliqué le franchissement du barrage de prise d'eau.

En pratique, de telles informations ne sont pas connues avec précision pour des cours d'eau salmonicoles ardennais de la grandeur de la Haute Amblève. Il est donc utile de mettre en place ce type d'étude en Wallonie en appui à la politique de limitation de l'impact sur la truite et l'ombre des activités de production d'hydroélectricité

Sur la base des données existantes, on peut toutefois tenter d'estimer l'importance de l'entraînement forcé des jeunes salmonidés dans la prise d'eau de la CHE Turbine Maraite en considérant qu'on a affaire à des smolts de truite de mer ou de saumon atlantique qui dévalent majoritairement en avril-mai. A cette époque de l'année, les conditions de débit sont en moyenne telles ($3,80 \text{ m}^3/\text{s}$ en avril et $2,34 \text{ m}^3/\text{s}$ en mai ; $3,1 \text{ m}^3/\text{s}$ pour les 2 mois) qu'un prélèvement d'eau continu maximum de $4 \text{ m}^3/\text{s}$ vers la CHE ne laisse plus s'écouler au barrage qu'un débit très faible, surtout en mai, ce qui ne favorise guère l'échappement des poissons dévalants.

L'application de la relation qui donne le pourcentage d'échappement en fonction du rapport débit turbiné-TU/débit de la rivière-Q au moment de la dévalaison en avril-mai, soit $TU = 4 \text{ m}^3/\text{s} / Q = 3,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (moyenne interannuelle 1998-2009) atteint 1,29 ce qui correspond à un échappement théorique de 0 % qui signifie que tous les smolts seraient entraînés dans le canal d'amenée vers les turbines. Des situations encore plus critiques devraient se retrouver toutes les années particulièrement sèches en avril-mai comme par exemple 2007 ($1,58 \text{ m}^3/\text{s}$ en avril-mai) quand toute l'eau devrait être dérivée, à moins d'un ralentissement ou d'un arrêt du turbinage pour manque d'eau. Des informations complémentaires doivent être recherchées sur les modalités de turbinage en fonction du débit de la rivière. De toute manière et comme déjà signalé pour d'autres CHE, il faut considérer ces chiffres comme des tendances et des ordres de grandeur car le contexte local de la Haute Amblève est très éloigné de celui (haute Garonne) pour lequel le modèle a été élaboré. Mais, il n'y a pas d'autres données de référence.

(b) Devenir des poissons concentrés devant la grille de prise d'eau vers la turbine

L'aspiration de l'eau vers les turbines se fait au niveau de grilles transversales presque verticales mais à barreaux espacés de 1,2 cm (Banki) et 2,2 cm (Francis) et à l'approche desquelles la vitesse est élevée. Il n'y a pas d'exutoire de dévalaison au niveau des grilles et celles-ci se trouvent au fond d'un long canal d'amenée qui forme une sorte de piège en cul-de-sac.

Avec une telle configuration, des salmonidés juvéniles ou adultes dévalants seront bloqués pendant un certain temps devant les grilles. Les plus petits risqueront de passer entre les barreaux espacés de 2,2 cm et d'arriver dans une turbine Francis. La majorité des autres poissons, fatigués par leur nage devant les grilles, risqueront d'être plaqués sur celles-ci et d'être récoltés par le dégrilleur puis de finir sur la berge. De plus, comme cela a été mis en évidence par télémétrie chez des anguilles argentées, certains poissons de grande taille

pourront être capables de rebrousser chemin dans le canal d'amenée, voire de s'y installer pendant un certain temps.

Dans une turbine Francis qui tourne à 100-200 t/m, les risques de mortalité de jeunes Salmonidés de 10-20 cm sont probablement 'très élevés' mais préciser ces chiffres nécessite une étude complémentaire.

(c) Mesures de protection à mettre en œuvre pour les poissons dévalants

Dans un site comme celui de la Turbine Maraite, il apparaît que la seule formule efficace de protection des poissons dévalants est l'aménagement d'une passe de dévalaison de surface selon les critères reconnus par les experts en la matière, en prévoyant notamment un débit d'alimentation suffisant (2-10 % du débit turbiné) et une conception hydraulique optimale de l'ouvrage (Larinier et al., 1994, Larinier et Travade, 2009, Travade, 2007).

La configuration des lieux se prête très bien à l'aménagement d'un exutoire de dévalaison efficace dans le prolongement du plan de grille des turbines Francis au niveau de la vanne d'évacuation des « trop pleins » (fig. 5).

La prise de décision d'entreprendre un tel aménagement assez lourd doit toutefois reposer, comme à la CHE du Moulin Piront sur un ensemble d'études préalables destinées à démontrer l'existence d'une dévalaison de poissons, à la caractériser qualitativement et quantitativement et à évaluer les bénéfices écologiques et piscicoles attendus par rapport au coût économique de l'opération.

5.4.4. Conclusions

La CHE Turbine Maraite à Ligneuville est située dans une zone à truite de la Haute Amblève où vit un peuplement de poissons typiquement salmonicole dominé par la truite commune et l'ombre commun.

En première analyse, les migrations de remontée des poissons semblent possibles mais il faudrait fixer un débit réservé afin de garantir un écoulement suffisant d'eau sur le barrage de prise d'eau et dans le long (1 km) tronçon court-circuité de l'Amblève.

Le principal problème qui se pose sur le site provient des risques d'entraînement forcé sur les grilles à l'entrée des turbines des poissons dévalants constitués surtout de juvéniles en dispersion de la truite commune et de l'ombre commun et d'adultes de ces deux espèces en migration de post-reproduction. Pour éviter les mortalités associées au placage des poissons sur les grilles (car leur passage dans les turbines est peu probable vu l'espacement de maximum 2,2 cm entre les barreaux), il faut envisager l'aménagement d'une passe migratoire de dévalaison après avoir procédé à des études pour orienter les choix techniques et juger du bien-fondé d'une intervention en termes de coûts économiques et de bénéfices écologiques et piscicoles.

CONCLUSIONS GENERALES POUR LA PARTIE (C)

Sur une distance de près de 54 km entre la confluence avec l'Ourthe à Comblain-au-Pont et la confluence de la Warche à Thiou (Malmédy), l'Amblève est une grosse rivière de la zone à ombre où la qualité de l'eau ne cesse de s'améliorer depuis une quinzaine d'années grâce à l'arrêt d'une grave pollution industrielle dans la Warche et à la prise de mesures d'épuration domestique. Elle présente de ce fait un important potentiel d'accueil et de développement de biodiversité piscicole, notamment pour des poissons migrateurs amphihalins comme l'anguille européenne, le saumon atlantique et la truite de mer ainsi que pour des Salmonidés comme la truite commune et l'ombre commun et pour des Cyprinidés d'eau rapide comme le barbeau et le hotu. Tous ces poissons ont d'importants besoins de migration vers l'amont et vers l'aval et sont particulièrement sensibles aux perturbations hydromorphologiques des eaux courantes associées à la présence de barrages avec centrales hydroélectriques. Ces perturbations sont d'autant plus pénalisantes dans l'Amblève que l'on se trouve dans une rivière qui est connectée, via l'Ourthe, à la Meuse relativement près de la mer du Nord (pour la Wallonie) et qui offre donc d'intéressantes potentialités de production de smolts de Salmonidés (priorité dans le programme Saumon Meuse) et d'anguilles argentées.

Une véritable restauration écologique durable de l'Amblève passe non seulement par l'amélioration de la qualité de l'eau et la réalisation d'opérations de repeuplement en espèces de poissons localement disparues (saumon) ou raréfiées (anguille/civelles, truite commune, ombre commun, hotu, barbeau) mais aussi par un rétablissement de la libre circulation des poissons en remontée et en descente (dévalaison), notamment au niveau des sites de production d'hydroélectricité. Ceux-ci sont au nombre de six (tableau ci-dessous) qui se succèdent en cascade dans le cours principal de la rivière et qui ont été évalués dans le présent rapport (C) et dans un rapport précédent (B) à la Commission provinciale de Liège du Fonds piscicole de Wallonie

Principales caractéristiques des six centrales hydroélectriques sur le cours principal de l'Amblève

Rivière	Localisation	Type	Turbine Puissance	Débit max. m³/s % module		Ouvrages prioritaires de franchissement à prévoir
<u>Rapport B (2010) à CPLFP</u>						
Amblève	Raborive	dérivation sur petit barrage	Kaplan 100 kW	4	20	pas de dévalaison + débit réservé
Amblève	Lorcé/Goreux*	conduite forcée sur barrage mobile	Francis (2) 3750 kW	29	159	pas de dévalaison 2007 complétée par exutoire dévalaison en 2012
<u>Rapport C (2011)à CPLFP</u>						
Amblève	Coo-Dérivation	dérivation depuis amont cascade	Kaplan 400 kW	6	40	échelle de montaison à Coo + pas de dévalaison
Amblève	Bressaix Stavelot	dérivation/barrage	Francis 110 kW	6	56	pas de dévalaison
Amblève	Moulin Piront Ligneuville	dérivation/seuil	Banki 57 kW	2	56	pas de dévalaison + débit réservé
Amblève	Turbine Maraite Ligneuville	dérivation/seuil	Francis (2) + Banki (1) 275 kW	4	111	pas de dévalaison + débit réservé

Les impacts potentiels majeurs des divers ouvrages hydroélectriques concernent principalement les sujets qui migrent en dévalaison et sont entraînés dans la prise d'eau vers la turbine avec une intensité proportionnelle au pourcentage turbiné (de 20 à 159 % selon les sites) du débit total de la rivière (module interannuel). Par rapport à la gravité écologique de ces impacts, on peut établir les priorités suivantes pour les aménagements à réaliser sur les six CHE de l'Amblève.

Priorité 1. Barrage hydroélectrique de Lorcé

Par l'importance du débit turbiné, le complexe hydroélectrique de Lorcé-Heid de Goreux représentait encore il y a quelques années un élément majeur de fragmentation hydromorphologique de l'Amblève et de perturbation des migrations de montaison et de dévalaison des poissons. Mais depuis l'année 2007, les possibilités de libre remontée des poissons sont totalement rétablies grâce à la construction d'une passe migratoire à bassins considérée comme performante. De nouveaux travaux réalisés par Electrabel en 2011 permettent d'envisager l'entrée en fonction au printemps 2012 d'une passe de dévalaison dont l'efficacité sera évaluée scientifiquement par l'ULg dans le cadre d'un projet Fonds Européen pour la Pêche (FEP) cofinancé par l'UE et le SPW-Direction des Cours d'eau non navigables.

Priorité 2. Microcentrale hydroélectrique de Raborive-Aywaille

Les analyses présentées dans le rapport B de 2010 et d'autres éléments complémentaires, récents montrent que la CHE de Raborive sur l'Amblève navigable peut constituer, lors des épisodes de bas débits, un facteur de perturbation de la remontée des poissons et surtout de leur dévalaison dans le cas des smolts de Salmonidés en avril-mai. Cette situation est d'autant plus dommageable que des efforts considérables sont ou seront faits pour, d'une part, améliorer la libre circulation des poissons au niveau des ouvrages hydrauliques majeurs de l'amont (barrage de Lorcé, cascade de Coö) et, d'autre part, pour valoriser par des repeuplements d'entretien (jeunes anguilles) et de réintroduction (saumon atlantique) les grandes superficies de bons habitats qui existent dans toute l'Amblève jusqu'à Stavelot.

Dans ce contexte, il est primordial de trouver des solutions techniques pour améliorer la libre dévalaison des poissons et spécialement des smolts de Salmonidés à la CHE de Raborive, en pleine zone Natura 2000.

Priorité 3. Site hydroélectrique de Coö

Maintenant que le barrage hydroélectrique de Lorcé est sur le point d'être perméabilisé pour la montaison et la dévalaison des poissons après avoir été une barrière presque totale pendant près de 80 ans, les gestionnaires commencent à s'occuper sérieusement d'un autre grand point noir sur l'Amblève : le site de la cascade de Coö. Il faut rappeler que c'est la construction du bassin inférieur de la centrale hydroélectrique à accumulation de Coö (dite Coö-Pompée) vers 1970 qui a transformé la cascade de Coö en une barrière totalement infranchissable en remontée par les poissons qui, antérieurement, pouvaient contourner l'obstacle en passant par le grand méandre de Coö aujourd'hui occupé par un lac artificiel. De plus, a été installée sur le site une petite centrale au fil de l'eau (dite Coö-Dérivation) alimentée par de l'eau de l'Amblève dérivée en amont de la cascade de Coö et restituée en aval après turbinage.

L'étude du site de Coö présentée dans le chapitre 5.2 du Rapport C confirme l'intérêt d'aménager un ouvrage de franchissement pour la remontée des poissons à la cascade de Coö

et d'un ouvrage de dévalaison au niveau de la petite CHE de Coo-Dérivation. Mais des études complémentaires sont nécessaires pour préciser les options techniques à prendre et pour collecter de nouvelles informations biologiques sur le comportement de dévalaison des poissons dans cette partie de l'Amblève. Un premier ensemble d'informations devraient être apportées par l'étude déjà évoquée entreprise par l'ULg dans le cadre d'un projet FEP/SPW 2010-2013.

Priorité 4. La CHE de Stavelot-Bressaix

Par sa situation en zone salmonicole et près de la limite amont (confluence de la Warche) de l'aire de présence de jeunes saumons de l'Atlantique réintroduits, la CHE de Bressaix est surtout concernée par le problème de la dévalaison des smolts du saumon et des juvéniles de la truite commune et de l'ombre commun mais aussi d'adultes de ces deux espèces en post-reproduction. Ces poissons risquent d'être entraînés sur la grille (barreaux espacés de 3 cm) et dans la turbine.

Sur un tel site, il est justifié d'envisager l'aménagement d'un exutoire de dévalaison d'autant plus que la configuration des lieux s'y prête bien. Pour ce qui concerne la migration de remontée, la passe à poissons à bassins actuellement en place semble bien positionnée et fonctionnelle. Comme sur beaucoup de sites de barrage avec CHE, il serait utile de réunir des informations complémentaires sur les comportements des poissons à différents points stratégiques du site afin de mieux fonder les choix de nouveaux aménagements.

Priorités 5 et 6. Les CHE Moulin Piront et Turbine Maraite à Ligneuville

Situées en zone à truite dans la Haute Amblève, ces deux CHE ont des configurations et des modes de fonctionnement fort comparables. Elles ont certainement un impact, mais actuellement non mesurable qualitativement et quantitativement, sur les populations locales de la truite commune et de l'ombre qui porte sur l'entraînement forcé de poissons (juvéniles en dispersion et adultes en migration de dévalaison post-reproduction) dans un long canal d'amenée avec concentration devant les grilles de protection (à barreaux faiblement espacés de 2 cm) à l'entrée des turbines.

Pour diminuer un tel type d'impact, il serait utile d'aménager un exutoire de dévalaison près des grilles où de l'espace adéquat est disponible. Une attention particulière devrait aussi être accordée à la fixation d'un débit réservé au barrage de prise d'eau afin d'éviter de mettre pratiquement à sec à certains moments de l'année un tronçon de rivière de 350-1000 m court-circuité par la dérivation d'eau.

Le présent rapport clôture l'analyse de l'impact des prises d'eau industrielles et des centrales hydroélectriques sur les cours d'eau de la Province de Liège (Meuse, Basse Ourthe et Amblève) qui offrent les plus grandes diversités et abondance en poissons, le plus souvent en régime de pêche publique.

Il reste à finaliser dans un dernier rapport prochain le cas de la Vesdre, de la Berwinne et de la Méhaigne.

REMERCIEMENTS (Partie C)

Ce dossier bibliographique a été réalisé dans le cadre de la collaboration entre l'Université de Liège et la Commission provinciale de Liège du Fonds piscicole que nous remercions vivement pour son appui financier à charge du budget 2011. Nous espérons que les éléments qu'il contient permettront de soutenir le lancement de différentes actions dans le sous-bassin hydrographique de l'Amblève.

Le rassemblement d'observations sur l'impact piscicole des centrales hydro-électriques et des prises d'eau industrielles dans les cours d'eau de la Province de Liège au cours de la dernière décennie n'a été possible qu'à la faveur de plusieurs programmes de recherches et d'études étalés sur cette période. Ces études ont bénéficié partiellement ou totalement de financements en provenance, non seulement de la Commission piscicole de Liège ou du Fonds piscicole mais aussi d'autres organismes tels que le FNRS (J.C. Philippart) et le FRIA (doctorats M. Ovidio et D. Sonny), le Service Public de Wallonie à travers, notamment, le Programme Meuse Saumon 2000 (DNF/Service de la Pêche) et les programmes menés pour le compte du Service des Cours d'eau Non Navigables sur la libre circulation des poissons et les impacts de la production d'hydroélectricité, de grandes sociétés privées (Laborelec, Electrabel, SPE) concernées par la production d'électricité et des organismes spécialisés dans les études d'incidences sur l'environnement (GIREA, AB Vinçotte, Centre Environnement ULg, CSD).

Les études évoquées dans ce dossier s'inscrivent toujours, de près ou de loin, dans le programme des recherches FNRS à long terme (1971-2009) par J.C. Philippart sur la dynamique des populations et communautés de poissons en rivière ainsi que dans le programme de M. Ovidio sur l'écologie comportementale des poissons et les problèmes de mobilité et de migration en conditions naturelles ou perturbées par les activités humaines. En pratique et indépendamment de la question du financement, ces études (Partie C) ont bénéficié de la collaboration de diverses personnes, sociétés et organismes, spécialement :

- le gestionnaire (Electrabel) des centrales hydroélectriques du site de Lorcé/Heid de Goreux et de Coo-Dérivation sur l'Amblève qui a laissé l'équipe LDPH-ULg accéder à ces sites pour les études et a fourni des informations techniques ;
- l'équipe du Contrat de Rivière de l'Amblève qui nous a communiqué des informations photographiques sur les sites de production hydroélectrique ;
- les étudiants qui ont réalisé un mémoire de fin d'études sur l'un ou l'autre des sites concernés : D. Brédart et C. Hanzen en 2010-2011 à l'Université de Liège ;
- les responsables de centrales hydroélectriques qui nous ont fourni des données techniques diverses ;
- les collaborateurs bénévoles aux pêches à l'électricité ainsi que les responsables de sociétés de pêche qui ont accordé à l'Université de Liège les autorisations de procéder à ces opérations.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES (Partie C)

Baran, Ph., M. Larinier et F. Travade, 2010. Anguilles et ouvrages. Actions de R&D 2008-2010. Communication à ' Restaurer la continuité écologique : un axe phare du Plan National de Gestion Anguille'. Paris, 26 janvier 2010.

Benelux, 2009. Décision du Comité des Ministres de l'Union Economique Benelux abrogeant et remplaçant la Décision M(96) 5 du 26 avril 1996 relative à la libre circulation des poissons dans les réseaux hydrographiques du Benelux. M(2009)1, 2009, 6 pages

Benelux, 1996. Décision du Comité des Ministres de l'Union Economique Benelux relative à la libre circulation des poissons dans les réseaux hydrographiques du Benelux M(96)5, 1996, 2p.

Besson, S., P. Baran, E. Pesme, P. Durllet, 2009. Etude des capacités de franchissement de la lamproie de Planer (*Lampetra planeri*, Bloch, 1784) en vue de définir des critères de dimensionnement de dispositifs de franchissement. Rapport technique Parc naturel régional du Morvan, ONEMA, CEMAGREF, 35 pages.

Brédart, D., 2011. Caractérisation des tactiques d'utilisation de l'espace chez la truite commune (*Salmo trutta*) et le barbeau fluviatile (*Barbus barbus*) dans un bief de l'Amblève entre Lorcé et la cascade de Coö. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences Psychologiques, Université de Liège, 97 pages (septembre 2011).

C.I.M, 2008. Projet de partie faîtière du plan de gestion du district hydrographique international de la Meuse. CIM Liège, 22 décembre 2008, 86 pages.

Courret, D. et M. Larinier, 2008. Guide pour la conception de prises d'eau « ichtyocompatibles » pour les petites centrales hydroélectriques. Rapport GHAAPE RA.08.04. Novembre 2008.

Croze, O. et M. Larinier, 1999. Etude du comportement de smolts de saumon atlantique (*Salmo salar* L.) au niveau de la prise d'eau de l'usine hydroélectrique de Pointis sur la Garonne et estimation de la dévalaison au niveau du barrage de Rodère. *Bulletin français de la Pêche et de la Pisciculture*, 353/354 : 141-156.

De Boeck, G., Ph. Baret, C. Belpaire, R. Blust, D. Buysse, J. Coeck, I. Cornille, C. Geeraerts, F. Mostaert, M. Ovidio, J.C. Philippart, J. Raeymakers, J. Tigel-Pourtois, C. Tudorache, J. Van Houdt, H. Verbiest, H. Vereecken, P. Viane & F. Volckaert, 2006. Impact assessment and remediation of anthropogenic interventions on fish populations (Fishguard). Rapport final au SSTC-Ministère fédéral de la Politique scientifique, 83 pages (septembre 2006).

Didier, J., 1997. Indice biotique d'intégrité piscicole pour évaluer la qualité écologique des écosystèmes lotiques. Thèse de doctorat en Sciences, Facultés universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur, Presses universitaires de Namur, 313 pages.

Electrabel, 2002. Les centrales hydrauliques de l'Est de la Belgique, 10 pages (mars 2002).

Gomes, P. et M. Larinier, 2008. Dommages subis par les anguilles lors de leur passage au travers des turbines Kaplan. Etablissement de formules prédictives. Rapport GHAPPE R08.05, 44 pages + annexes (décembre 2008).

Hanzen, C., 2011. Suivis par biotélémétrie de l'adaptation comportementale de hotus (*Chondrostoma nasus*) transloqués dans l'Amblève entre deux ouvrages hydroélectriques. Implications pour la conception d'ouvrages de franchissement. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Biologie des organismes et écologie, Université de Liège (Unité de Biologie du Comportement), 56 pages (septembre 2011).

Kestemont, P., A. Latli, R. Mandiki et A. Evrard, 2011. 4.2. Inventaire et cartographie des frayères et habitats potentiels à juvéniles du saumon de l'atlantique sur le bassin de l'Amblève, pages 107-126, In : J.C. Philippart et al. (2011), Rapport final au SPW-DGARNE de la Subvention 2010-2011 relative au suivi scientifique de la réhabilitation du saumon atlantique dans le bassin de la Meuse.

Huart, M. et J.-J. t'Sersteven, 2006. L'exploitation des ressources en eaux de surface en Région wallonne pour des usages hydroélectriques. Dossier scientifique réalisé dans le cadre de l'élaboration du Rapport analytique 2006-2007 sur l'état de l'environnement wallon. Apere asbl, 17 pages (juillet 2006).

Hanzen, C., 2011. Suivis par biotélémétrie de l'adaptation comportementale de hotus (*Chondrostoma nasus*) transloqués dans l'Amblève entre deux ouvrages hydroélectriques. Implications pour la conception d'ouvrages de franchissement. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Biologie des organismes et écologie, Université de Liège (Unité de Biologie du Comportement), 56 pages (septembre 2011).

Kestemont, P., A. Latli, R. Mandiki et A. Evrard, 2011. 4.2. Inventaire et cartographie des frayères et habitats potentiels à juvéniles du saumon de l'atlantique sur le bassin de l'Amblève, pages 107-126, In : J.C. Philippart et al. (2011), Rapport final au SPW-DGARNE de la Subvention 2010-2011 relative au suivi scientifique de la réhabilitation du saumon atlantique dans le bassin de la Meuse.

Larinier, M. et F. Travade, 2009. Restauration de l'habitat du saumon. Rétablissement de la libre circulation : techniques et limites. Communication à 'Saumon atlantique : pour une bonne gestion des habitats et des salmonicultures de repeuplement'. Pau, 21-22 octobre 2009.

Larinier, M. & Travade, F. 1999b. Downstream migration: Problems and facilities. *Bull. Fr. Pêche Pisc.* **353-354** : 181-210.

Larinier, M. & Dartiguelongue, J. 1989. La circulation des poissons migrateurs : le transit à travers les turbines hydroélectriques. *Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture* **312-313** : numéro spécial.

Larinier, M., J.-P. Porcher, F. Travade et C. Gosset, 1994. *Passes à Poissons. Expertise et conception des ouvrages de franchissement*. Conseil Supérieur de la Pêche, Paris, 336 pages.

Malbrouck, C., J.C. Micha et J.C. Philippart, 2007. La réintroduction du saumon atlantique dans le bassin de la Meuse : synthèse et résultats. Ministère la Région wallonne, 25 pages (avril 2007). <http://environnement.wallonie.be/publi/education/saumon2000.pdf>

Mouvet, C., 1980. Pollution de l'Amblève par les métaux lourds, en particulier le chrome : dosage dans les eaux et les bryophytes aquatiques. *Tribune du CEBEDEAU* N° 445, 33 : 527-538.

Ovidio, M. et J.C. Philippart, 2009. Développement d'une méthodologie de fixation des conditions d'exploitation des centrales hydro-électriques sur les cours d'eau non navigables de Wallonie afin de limiter leur impact sur la qualité écologique et les ressources piscicoles des milieux. Rapport d'études (Convention octobre 2007-septembre 2009 Visa n° 07/13407) au SPW-DGARNE, Direction des Cours d'Eau Non Navigables, 3 tomes, Université de Liège (UBC-LDPH) (novembre 2009).

Ovidio, M., J.-C. Philippart, P. Orban, Ph. Denoel, M. Gilliquet, F. Lambot, 2008. Bases biologiques et éco-hydrauliques pour la restauration de la continuité piscicole en rivière : premier bilan et perspectives, pp. 113-122. In : Lambot F. et collaborateurs, La gestion physique des cours d'eau : bilan d'une décennie d'ingénierie écologique. Actes du colloque de Namur, 10-12 octobre 2007. Direction des Cours d'Eau Non Navigables, DGRNE, Ministère de la Région wallonne, 250 pages.

Ovidio, M., A. Dettaille, C. Bontinck, Y. Neus, G. Rimbaud et J.C. Philippart, 2007. Elaboration de recommandations pratiques pour la préservation-restauration d'éléments de l'habitat hydraulique du chabot dans les cours d'eau non navigables de Wallonie. Rapport au Ministère de la Région Wallonne, Direction des Cours d'Eau non navigables, LDPH-Université de Liège, 116 pages+ annexes (novembre 2007).

Philippart, J.C., 2008 a. Biodiversité et caractéristiques physiques des cours d'eau, pp. 17-26. In : Lambot F. et collaborateurs, La gestion physique des cours d'eau : bilan d'une décennie d'ingénierie écologique. Actes du colloque de Namur, 10-12 octobre 2007. Direction des Cours d'Eau Non Navigables, DGRNE, Ministère de la Région wallonne, 250 pages.

Philippart, J.C., 2007. FFH 11. Les Poissons, pp. 588-589. In : Ch. 12. La faune, la flore et les habitats. Rapport analytique sur l'état de l'environnement wallon 2006-2007. Ministère de la Région wallonne. Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement Namur, 733 pages (coordination générale par C. Hallet).

<http://etat.environnement.wallonie.be/index.php?mact=rapportanalytique.mc7155.default,1&mc7155what=fiches&mc7155alias=Les-poissons&mc7155returnid=17&page=17>

Philippart, J.C. , 2007. L'érosion de la biodiversité : les poissons. Dossier scientifique réalisé dans le cadre de l'élaboration du Rapport analytique 2006-2007 sur l'Etat de l'Environnement wallon, Ministère de la Région wallonne. Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement Namur, 306 pages (août 2007)

<http://etat.environnement.wallonie.be/index.php?page=don4&myid=58&name=Les%20poissons%20&alias=Les-poissons>

Philippart, J.C. , 2007. L'avenir démographique de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) dans la Meuse. Déclin inexorable ou sauvetage in extremis ? Communication orale au Workshop 'La protection des anguilles en migration au niveau des barrages et des prises d'eau industrielles', Université de Liège, Château de Colonster, 7 novembre 2007.

Philippart J.-C. 2005. Le voyage périlleux des poissons grands migrateurs dans la Meuse. APAMLg asbl, Liège, 56 pp.

Philippart, J.C. , 2003. Restauration de la biodiversité : le cas des poissons migrateurs dans la Meuse, pp. 75-84. In : Franklin, A.,M. Peters &J.Van Goethem (Eds). Actes du Symposium. Dix ans après Rio. Quel avenir pour la biodiversité en Belgique ? *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, Biologie Vol 73 Suppl. 203, 139 pages.

Philippart, J.C., 2002. Aperçu succinct des incidences du fonctionnement des microcentrales hydro-électriques sur les poissons, leur habitat et leurs ressources alimentaires. Rapport d'études du Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Hydroécologie de l'Université de Liège, 8 pages (septembre 2002).

Philippart, J.C., 2000 b. Expérience pilote de translocation d'anguilles jaunes migrantes de la Meuse à Lixhe vers l'Amblève en amont de l'obstacle infranchissable de la cascade de Coö. Rapport d'études au Service de la Pêche et au Fonds piscicole du Ministère de la Région wallonne. Université de Liège, Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Hydroécologie, 7 pages + annexes (décembre 2000).

Philippart, J.C., 1988. Des microcentrales pas au-dessus de tout soupçon. *Environnement*, 4/88 :17-18.

Philippart, J.C. et M. Ovidio, 2009. L'impact des prises d'eau industrielles et des turbinages hydroélectriques sur la dynamique des populations de poissons et la qualité de leur habitat dans les cours d'eau navigables. Le cas de la Meuse et de l'Ourthe en Wallonie. Communication à la Journée scientifique du GIPPA (Groupe d'Intérêt pour les Poissons, la Pêche et la Pisciculture), Gembloux le 6 mars 2009.

Philippart, J.C. & Ovidio, M., 2007. Identification des priorités d'action d'après les critères biologiques et piscicoles. Rapport final au Ministère de la Région Wallonne, DGRNE-Division de l'Eau, Direction des Cours d'eau non navigables. Université de Liège, Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Hydroécologie, 71pages (avril 2007).

Philippart, J.-C., Sonny, D., 2003. Vers une production d'hydroélectricité plus respectueuse du milieu aquatique et de sa faune. *Tribune de l'Eau*, N° 619-620/5-6 2002 & n° 621/1 2003: 165-175.

Philippart, J.C. et Vranken, 1983 a. Protégeons nos poissons. Collection 'Animaux menacés en Wallonie', Duculot, Paris- Gembloux-, 206 pages.

Philippart, J.C. et M. Vranken, 1983 b. Atlas des poissons de Wallonie. Distribution, écologie, éthologie, pêche, conservation. *Cahier d'Ethol. appliquée*, 3 (suppl.1-2): 395 pages

Philippart J.C., V. Raemakers, D. Sonny, 2003. Impact mécanique des prises d'eau et turbines sur les poissons en Meuse liégeoise. Comptes-rendus du colloque Hydroécologie, Liège octobre 2002, *Tribune de l'eau*, N° 5-6, Vol. 55 - N° 619-620 ; Vol. 56 - N° 621: 98-110.

Philippart, J.C. et al. (M.Ovidio, G. Rimbaud, A. Dierckx , P. Poncin, P. Kestemont, A. Latli, R. Mandiki, A. Evrard) 2011. Rapport final au SPW-DGARNE de la Subvention 2010-2011 relative au suivi scientifique de la réhabilitation du saumon atlantique dans le bassin de

la Meuse, Université de Liège et Facultés universitaires N-D de la Paix de Namur, 142 pages (janvier 2011).

Philipppart, J.C., M. Ovidio, G. Rimbaud, A. Dierckx et P. Poncin, 2010. Essai d'estimation des dommages piscicoles engendrés par les prises d'eau industrielles et les turbines hydroélectriques dans les cours d'eau de la Province de Liège. Partie B. L'Ourthe liégeoise et l'Amblève en aval de la Lienne. Rapport pour l'année 2010 à la Commission provinciale de Liège du Fonds piscicole du Service Public de Wallonie, 78 pages (décembre 2010).

Philipppart, J.C., M. Ovidio, G. Rimbaud, A. Dierckx et P. Poncin, 2010. Bilan des observations sur les populations de l'anguille dans les sous-bassins hydrographiques Meuse aval, Ourthe, Amblève et Vesdre comme bases biologiques à la prise de mesures de gestion en rapport avec le Règlement Anguille 2007 de l'Union européenne. Rapport pour l'année 2009 à la Commission provinciale de Liège du Fonds piscicole du Service Public de Wallonie, 161 pages (mars 2010).

Philippart, J.C. et coll. (M. Ovidio, Y Neus, G. Rimbaud, R. Crahay), 2006. Eléments de suivi scientifique de la restauration écologique et piscicole de l'Amblève en 2004-2005. Rapport d'études à la Commission provinciale de Liège du Fonds piscicole de Wallonie (CPLFPW). Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Hydroécologie (LDPH) de l'Université de Liège, 45 pages + annexes (janvier 2006).

Philippart, J.C. et coll. (M. Ovidio, Y. Neus, G. Rimbaud, B. Nzau Matondo), 2004. Observations sur l'état de la faune des poissons dans l'Amblève en 2003-2000 par rapport aux années 1981-1965. Eléments pour un plan des restauration écologique et piscicole globale du bassin. Rapport d'études à la Commission provinciale de Liège du Fonds piscicole de Wallonie (CPLFPW). Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Hydroécologie (LDPH) de l'Université de Liège, 59 pages + annexes (janvier 2004).

Sonny, D., 2009. La dévalaison des poissons dans la Meuse moyenne belge. *Cahiers d'Ethologie*, 22 (3-4), 267 pages.

Sonny, D. 2006. Etude des profils de dévalaison des poissons dans la Meuse moyenne belge. Thèse de doctorat, Université de Liège,

Travade, F. , 2007. Expériences françaises récentes en matière de dispositifs pour permettre la migration de montaison et de dévalaison de l'anguille au niveau des centrales hydroélectriques. Communication à la Journée d'information Anguille à l'Université de Liège, Château de Colonster, le 7 novembre 2007.

UE - Union européenne, 2007. Règlement (CE) N° 1100/2007 du Conseil du 18 septembre 2007 instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes. *Journal officiel de l'Union européenne* du 22 septembre 2007, L 248 : 17-23.

UE - Union européenne, 2000. Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil, du 23 octobre 2000, établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. *Journal officiel de l'Union européenne* du 22 décembre 2000, L 327, (<http://europa.eu.int/eur-lex/lex/fr/index.htm>).

Vanden Bossche, J.P., 2005. Evolution de la qualité biologique des cours d'eau de Wallonie de 1990 à 2002. Carte, poster. Centre de Recherche de la Nature, des Forêts et du Bois, DGRNE-MRW, B-5030 Gembloux

Vlieting, K. (coordinateur), J.C. Philippart, S. Gomez da Silva et A. Thirion 2008. Council REGULATION (EC) N° 1100/2007 establishing measures for the recovery of the stock of European eel. Eel management plan for Belgium, 198 pages.

ANNEXES

Annexe 1 a,b . Decisions Benelux de 1996 et 2009

(site général: <http://www.benelux.be/fr/dos/dos19.asp>)

(a) Décision Benelux M (96) 5

Décision du Comité de Ministres de l'Union économique Benelux relative à la libre circulation des poissons dans les réseaux hydrographiques Benelux M (96) 5

Téléchargement à l'adresse :

http://www.benelux.be/pdf/pdf_fr/dos/09-D_NO-016-annexe1_FR.pdf

(b) Décision Benelux M (2009) 1

Décision du Comité de Ministres de l'Union économique Benelux abrogeant et remplaçant la Décision M (96) 5 du 26 avril 1996 relative à la libre circulation des poissons dans les réseaux hydrographiques Benelux M (2009) 1

Téléchargement à l'adresse :

http://www.benelux.be/pdf/pdf_fr/dos/09-D_NO-016-annexe6_FR.pdf

Annexe 2. Règlement Anguille de l'UE du 18 septembre 2007

RÈGLEMENT (CE) No 1100/2007 DU CONSEIL du 18 septembre 2007 instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes

Téléchargement à l'adresse :

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:248:0017:0023:FR:PDF>

Annexe 3 . Plan de Gestion de l'Anguille pour la Belgique de décembre 2008 (accepté par l'UE le 5 janvier 2010)

COUNCIL REGULATION (EC) No 1100/2007 of 18 September 2007 establishing measures for the recovery of the stock of European eel. Eel Management Plan for Belgium

Téléchargement à l'adresse :

http://publicaties.vlaanderen.be/docfolder/17863/Palingbeheerplan_Belgie_definitief_webversie.pdf